

**Telekommunikations-Manager (TKM) e.V.  
(Hrsg.)**

**12. Ilmenauer TK-Manager Workshop**



Tagungsband

# **12. Ilmenauer TK-Manager Workshop**

Technische Universität Ilmenau  
7. September 2012

Herausgegeben vom

Telekommunikations-Manager (TKM) e.V.



Universitätsverlag Ilmenau  
2012

## Impressum

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

### **Redaktion**

Jochen Seitz  
Michael Heubach  
Johannes Wilken

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

### **Universitätsverlag Ilmenau**

Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau  
[www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag](http://www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag)

### **Herstellung und Auslieferung**

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG  
Am Hawerkamp 31  
48155 Münster  
[www.mv-verlag.de](http://www.mv-verlag.de)

**ISBN** 978-3-86360-036-5 (Druckausgabe)

**URN** urn:nbn:de:gbv:ilm1-2012100167

---

Titelfoto: [photocase.com](http://photocase.com) | AlexFlint

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort.....	7
<i>von Dr.-Ing. Wolfram Rink</i>	
Cloud Computing im Unternehmenseinsatz.....	9
<i>von Lothar Wieske</i>	
„Konzepte für die Absicherung von Private Cloud“ .....	11
<i>von Christoph Schmidt</i>	
Highlights der TKG-Novelle 2012.....	13
<i>von Martina Etling-Ernst</i>	
Audi Connect im neuen Audi A3 - Fahrzeuge gehen online.....	17
<i>von Dr. Benjamin Trefflich</i>	
Beiträge der ICT zur Energiewende .....	21
<i>von Rüdiger Cott</i>	
Einspeisemanagement als Bestandteil von Smart Grids .....	25
<i>von Sebastian Köthe</i>	
Anforderungen an Kommunikationssysteme aus der Sicht von Integrated Smart Metering .....	29
<i>von Dr. Werner Domschke</i>	
Aspekte der optischen Übertragung von Managementsignalen für LWL-Systeme .....	31
<i>von Prof. Ralf Tasse</i>	
Realisierung von intelligenten Anwendungen in drahtlosen Sensornetzen .....	33
<i>von Marco Wenzel</i>	
Adaptives Routing in mobilen Ad-hoc-Netzwerken .....	39
<i>von Thomas Finke</i>	

<b>Aktuelle Forschungsthemen am Fachgebiet</b>	
<b>„Kommunikationsnetze“.....</b>	<b>43</b>
Vorwort .....	43
<i>von Prof. Jochen Seitz</i>	
Routing Protocol for Self-Organized Communication Network with Guaranteed QoS .....	45
<i>von Aymen Al-Ani</i>	
Multicast Management in verzögerungstoleranten Netzen in Verbindung mit Ad-hoc-Netzen .....	55
<i>von Peggy Begerow</i>	
Kontextsensitiver Schutz öffentlicher Objekte.....	63
<i>von Dr.-Ing. Maik Debes</i>	
Dienstgüte in der Kommunikationstechnik am Beispiel von Ethernet- Netzwerken.....	71
<i>von Markus Hager</i>	
Peer-to-Peer-Kommunikation für Rechnergestütztes Gruppenlernen .....	79
<i>von Mais Hasan</i>	
Kommunikation in Assistenzsystemen durch eine nachrichtenbasierte Middleware.....	87
<i>von Karsten Renbak</i>	
Namensgebung und Adressauflösung in heterogenen Netzen .....	99
<i>von Sebastian Schellenberg</i>	
Möglichkeiten der Lokalisierung von Emittlern mittels kleiner unbemannter fliegender Plattformen.....	109
<i>von Dominik Schulz</i>	
Erkennung und Behebung von Netzpartitionierungen .....	121
<i>von Mikbail Tarasov</i>	
Autorenverzeichnis.....	129
Notizen.....	133

# Vorwort

---

*von Dr. Wolfram Rink*

*Wolfram Rink gehörte zu den Gründungsgremien des weiterbildenden Studienganges „Telekommunikations-Manager“ und des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“.*

*Er ist Absolvent des TKM-Jahrgangs 1997/98, betreute den Studiengang von seinen Anfängen 1993 bis 1999 organisatorisch und war langjährig als Dozent im Studiengang tätig. Seit 2003 ist Dr. Rink erster Vorstand des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“*

Sehr geehrte Gäste, liebe TKMs,

welch ein Zusammentreffen - das Jahr 2012 bringt uns an der TU Ilmenau zum 12. Telekommunikations-Manager Workshop zusammen. Ein volles Dutzend also, aber wahrlich keine Dutzendware.

Dieser guten Tradition folgend treffen sich die Absolventen des weiterbildenden Studienganges „Telekommunikations-Manager“ und ihre Gäste auch in diesem Jahr wieder zu einem facettenreichen interdisziplinären Erfahrungsaustausch.

Mein besonderer Dank gilt deshalb wieder allen Referenten.

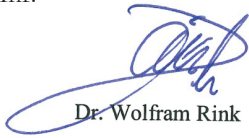
Mit ihren weit gespannten Themenfeldern sind Sie die Garanten für den im Zusammenhang mit dem Workshop oft beschworenen „Blick über den Tellerrand“.

Da das Thema Cloud bereits seit einiger Zeit die Diskussionen in der ICT Branche bestimmt, wird es einen besonderen Schwerpunkt des Workshops bilden. Kontroverse Diskussionen sind ausdrücklich erwünscht.

Mein Dank gilt aber auch dem Fachgebiet Kommunikationsnetze unter der Leitung von Herrn Prof. Jochen Seitz und seinen Mitarbeitern, die sich erneut so engagiert um die Organisation des Workshops verdient gemacht haben.

Ich wünsche uns allen einen erfolgreichen Workshop und viel Erfolg für die Zukunft.

Ihr.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Dr. Rink', with a large, sweeping flourish underneath.

Dr. Wolfram Rink



# Cloud Computing im Unternehmenseinsatz

---

von Lothar Wieske

*Lothar Wieske ist Cloud Architect bei der DB Systel GmbH (ICT Tochter im Deutsche Bahn Konzern). Vorher hat er u.a. im Consulting für IBM, Microsoft und Sun Microsystems gearbeitet und schöpft aus Erfahrungen in den Branchen Finance, Health und Transport & Logistics. Im Cloud Computing hat er sich insbesondere mit der Frage beschäftigt, was dabei neu und anders wird - und ob und wie die Versprechen hinsichtlich einfacherer, schnellerer und preiswerterer IT eingelöst werden.*

## Cloud Computing

Cloud Computing transformiert den Umgang der Unternehmen mit Informationstechnik. Tiefgreifende Veränderungen kommen sowohl auf der fachlichen wie auch der technischen Seite auf die Mitarbeiter zu; zugleich sind es aber eben diese Mitarbeiter, die die Veränderung anschieben und fordern. Die Consumer IT mit mobilen Geräten und sozialen Netzen tritt als Early Adopter an und drängt die Enterprise IT in die Rolle der Late Majority. Und was da getrieben von den eigenen Mitarbeitern in die Unternehmen schwappt, sind eigentlich die Errungenschaften der Internet IT.

Internet IT tickt anders. Vor dem Hintergrund schnellen Wachstums und bezahlbarer Preise haben die großen Namen wie Amazon, Facebook, Google, Microsoft und Salesforce ihre Rechenzentren, ihre Maschinen, ihre Dateisysteme und Datenbanken sowie Anwendungen nach anderen Prinzipien gestrickt. Und nun gilt es für IT-Bereiche in den Unternehmen, solche Ansätze zu verstehen und eine intelligente Symbiose aus Bewährtem und zu Erprobendem zu denken und zu bauen. Dabei geht es um Konzepte wie Amazon's Dynamo als hochverfügbares Dateisystem, Facebook's Open Compute als Blaupause für preiswerte Rechenzentren, Microsoft Azure als Dienstplattform für elastische Unternehmensanwendungen und Salesforce's Multi-Tenant Kernel als Architekturkonzept für Mandantenfähigkeit und wirtschaftlichen

Betrieb von Unternehmensanwendungen. Und jenseits dieser inhaltlichen Beispielen kristallisieren sich Prinzipien wie „Always On“, „Design for Failure“ und „Eventual Consistency“ heraus, die frischen Wind in Entwicklung und Betrieb von Unternehmensanwendungen tragen (können). Warum tun sich (deutsche) Unternehmen dabei eigentlich so schwer? Cloud Computing erfordert innovative Zugänge für Governance und Architektur. Der Vortrag führt in Cloud Computing ein, entwirft Ansätze für Cloud Governance und stellt Konzepte für Cloud Architecture vor.

# „Konzepte für die Absicherung von Private Cloud“

---

*von Christoph Schmidt*

*Christoph Schmidt ist seit 2005 bei der Controlware GmbH als Security Consultant tätig. Nach dem Studium der Physik an der TH Darmstadt waren weitere Stationen im Beruf die Netzwerkadministration beim Hessischen Rundfunk in Frankfurt/M., sowie div. IT Dienstleister mit dem Schwerpunkt der IT Security. Neben den klassischen Themen wie z.B. Netzwerksicherheit oder auch „Network Access Control“ beschäftigt sich Christoph Schmidt mit dem Thema „Data Center oft the Future“, welches Unternehmen durch die Einführung von Virtualisierung vor neue Herausforderungen stellt. Aktuell befasst sich Herr Schmidt mit dem Thema „Netzwerkredesigns, Architektur und Aufbau einer Inter-  
netübergangsinfrastruktur“.*

## **„Konzepte für die Absicherung von Private Cloud“**

Für viele Unternehmen setzt sich auch im internen Netz der Gedanke an eine „private“ Cloud durch. Der Beitrag stellt die notwendigen Voraussetzungen für den Wandel des internen Rechenzentrums zu dem service-basierten Cloud-Modell dar und zeigt auch essentielle Eigenschaften dieser auf. Phasen für die Transition und Migration, sowie dahinterliegende Prozesse finden ebenso Beachtung wie der Fokus auf Sicherheitsaspekte der private Cloud. Neben den „klassischen“ Sicherheitsmechanismen im IT Umfeld gelten für die Cloud teilweise neue Regeln, die nicht immer mit Technik gelöst werden können.



# Highlights der TKG-Novelle 2012

---

**von Martina Etling-Ernst**

*Martina Etling-Ernst war von 1996 bis 2002 Leiterin der Rechtsabteilung einer auf Telekommunikation und Medien spezialisierten Unternehmensberatung. Seit 1996 zugelassene Rechtsanwältin, ist sie seit 2002 Partnerin der Anwaltssozietät Etling - Ernst Rechtsanwälte, einer auf Informations-, Telekommunikations- und Medienrecht spezialisierten Kanzlei, die neben Carriern, Netzbetreibern und Diensteanbietern vor allem ITK-Großkunden berät. Seit 1999 ist sie Lehrbeauftragte an der TU Ilmenau.*

## **Gesetzgeberischer Hintergrund der TKG Novelle 2012**

Durch das Gesetz zur Änderung telekommunikationsrechtlicher Regelungen [1] ist das bestehende Telekommunikationsgesetz (TKG) im Mai 2012 grundlegend novelliert worden. Hintergrund der umfangreichen Novellierung sind zum einen europarechtliche Vorgaben und zum anderen nationale Initiativen, vor allem im Bereich des Breitbandausbaus und der Frequenznutzung.

Die Novelle umfasst die Einführung neuer Definitionen, geänderte und erweiterte Regulierungsziele und -grundsätze, neue Regulierungsinstrumente, wesentlich erweiterte Infrastrukturvorgaben und Mitnutzungsrechte zur Förderung des Breitbandausbaus, Kundenschutzaspekte sowohl im Verbraucher- als auch im Unternehmensbereich, Erweiterungen bei Datenschutz und Datensicherheit sowie die Frequenzordnung.

## **Kundenschutz**

Erhebliche Ergänzungen erfuhr durch diese Novelle des TKG der gesetzlich normierte Kundenschutz. So wurden Informationspflichten und zwingende Angaben in AGBs und Verträgen wesentlich erweitert. Jeder Kunde, auch ein Geschäftskunde, hat nun Anspruch auf einen 12-Monatsvertrag. Bei einem Anbieterwechsel dürfen Versorgungsunterbrechungen maximal einen Kalen-

dertag andauern. Vor Gesprächsbeginn muss künftig bei Call-by-Call-Diensten der aktuelle Preis angesagt werden. Weitere Änderungen betreffen ausschließlich Verbraucher, z.B. bei der Mitnahme von Mobilfunk-Rufnummern oder im Falle eines Wohnsitzwechsels.

Warteschleifen dürfen künftig nur noch bei Ortsnetzzufnummern, herkömmlichen Mobilfunkrufnummern und entgeltfreien Rufnummern uneingeschränkt eingesetzt werden. Im Übrigen dürfen Warteschleifen nur eingesetzt werden, wenn der Anruf einem Festpreis unterliegt oder der Angerufene die Kosten des Anrufs für die Dauer der Warteschleife trägt. Diese Regelungen treten ein Jahr nach Inkrafttreten der TKG-Novelle in Kraft. Bis dahin gilt eine Übergangsregelung, die bereits drei Monate nach Inkrafttreten der TKG-Novelle in Kraft treten wird.

Die Datenschutzbestimmungen wurden um zusätzliche Informations- und Transparenzverpflichtungen ergänzt, um sensible Daten besser zu schützen. Vor allem muss bei jeder Ortung des Mobilfunkgerätes dem Nutzer angezeigt werden, dass er geortet wird.

## **Förderung des Breitbandausbaus**

Um eine flächendeckende Breitbandversorgung in möglichst kurzer Zeit zu erreichen und insbesondere ländliche Gebiete mit Netzen der neuen Generation zu versorgen, sollen Anreize für Investitionen in neue Hochgeschwindigkeitsnetze geschaffen und nachhaltige Investitionen in die Entwicklung neuer Netze gefördert werden [2].

Die Bundesnetzagentur kann die gemeinsame Nutzung von Verkabelungen und Kabelkanälen in Gebäuden unabhängig vom Vorliegen einer marktmächtigen Stellung des verpflichteten Netzbetreibers oder Eigentümers anordnen, sofern eine Verdopplung dieser Infrastruktur wirtschaftlich ineffizient oder praktisch unmöglich wäre. Darüber hinaus wurde die Duldungspflicht privater Grundstückseigentümer erweitert, soweit ein unentgeltlicher Anschluss ihrer Gebäude an Telekommunikationsnetze der nächsten Generation erfolgen soll (Hausstich). Alternative Infrastrukturen wie Abwasserkanäle oder sonstige Kabelkanäle sollen besser genutzt werden, daher wurde eine Verhandlungs-

pflcht über deren Mitnutzung eingeführt; bei Infrastrukturen in Bundeseigentum wird sogar ein ausdrücklicher Mitbenutzungsanspruch normiert.

Glasfaserleitungen oder zugrundeliegende Leerrohre dürfen unter bestimmten Voraussetzungen mit einer geringeren Tiefe im Straßenraum verlegt werden (Microtrenching). Damit können Glasfaserleitungen schneller und kostengünstiger verlegt werden.

Um die Planungssicherheit zu erhöhen, muss die BNetzA auf Antrag eines Unternehmens beim Ausbau von Netzen der nächsten Generation verbindliche Auskünfte über geplante Regulierungsmaßnahmen für bestimmte Regionen unter Berücksichtigung des EU-Rechts geben.

## **Weitere Änderungen**

Zur Sicherung der Netzneutralität sieht das Gesetz vor, dass die Bundesregierung mit Zustimmung von Bundestag und Bundesrat eine Rechtsverordnung erlassen kann, um die grundsätzlichen Anforderungen an eine diskriminierungsfreie Datenübermittlung und des diskriminierungsfreien Zugangs zu Inhalten und Anwendungen festzulegen.

Weitere Änderungen betreffen neue Definitionen, den Infrastrukturatlas, die funktionelle Trennung sowie die Entgeltregulierung.

## **Literatur**

[1] BGBl. I, 958

[2] BT.-Drs. 17/5707 vom 04.05.2011, Seite 1





# Audi Connect im neuen Audi A3 - Fahrzeuge gehen online

---

*von Dr. Benjamin Trefflich*

*Dr.-Ing. Benjamin Trefflich, geb. 31.12.1979 in Weimar, studierte von 1999 bis 2005 Elektro- und Informationstechnik an der TU Ilmenau, Fachrichtung Informations- und Kommunikationstechnik. Von 2005 bis 2010 promovierte er zum Thema „Videogestützte Überwachung der Fahreraufmerksamkeit und Adaption von Fahrerassistenzsystemen“ bei der AUDI AG, Ingolstadt in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet für Neuroinformatik und Kognitive Robotik, der TU Ilmenau. Seit 01/2012 ist er als Leiter der Audi connect Entwicklung innerhalb der Elektrik-/Elektronikentwicklung der AUDI AG, Ingolstadt tätig.*

## **Audi Connect**

Der Begriff Audi connect fasst alle Anwendungen und Entwicklungen zusammen, die das Auto mit dem Besitzer, dem Internet, der Infrastruktur und anderen Fahrzeugen vernetzt. Derzeit erfolgt die Kommunikation im Mobilfunknetz via UMTS. Für die nahe Zukunft setzen die Entwickler auf den schnellen LTE-Standard, der den Austausch großer Datenmengen ermöglicht.

Für die komfortable Nutzung der neuen Audi connect Dienste steht den Audi A3-Kunden eine ganze Palette an optionalen Infotainment-Bausteinen zur Wahl, an der Spitze die MMI Navigation plus. Das Highend-System besticht mit dem sehr flachen, elektrisch ausfahrenden Siebenzoll-Monitor und einem neuen Bedienkonzept, bei dem das MMI touch erstmals im Dreh-/Drück-Steller integriert wurde.

Der A3 ist das erste Modell von Audi, das die Features aus dem Modulare Infotainmentbaukasten (MIB) an Bord hat. Mit dieser neuen Architektur antwortet Audi auf eine große Herausforderung – die Innovationen in der Con-

sumer-Elektronik und das rapide Wachstum der Rechenleistung vollziehen sich erheblich schneller als die Produktzyklen der Automobilhersteller.

Der Zentralrechner, im Handschuhfach des Audi A3 untergebracht, besteht aus zwei Einheiten – der Radio Car Control Unit und dem so genannten MMX-Board (MMX= Multi-Media eXtension). Sein modulares Layout erlaubt eine einfache Aktualisierung der Hardware – durch die Austauschbarkeit des MMX-Boards bleibt das System immer aktuell. Das Steckmodul integriert neben dem Arbeits- und Flash-Speicher den neuesten Tegra2-Prozessor von Nvidia, der alle Sprachsteuerungs-, Online-, Media-, Navigations- und Telefonfunktionen leistet. Er beschleunigt die Wiedergabe vieler Audio- und Videoformate wie mp3-Audio und mpeg4-Video.

Für den Fahrer stellt Audi connect inklusive Autotelefon maßgeschneiderte Dienste bereit, zu ihnen gehören etwa Reise- und Wetterinformationen. Über die Webpage myAudi kann der Fahrer seine Route vorab am heimischen Rechner planen, unter seinem Profil auf ablegen und vor Fahrtantritt ins Auto laden. Wenn gewünscht, sieht er die Karte mit Luft- und Satellitenbildern von Google Earth unterlegt. Bei der Orientierung vor Ort hilft die Funktion Google Maps Street View. Hier sieht der Fahrer schon vorab in 360 Grad-Panoramabildern die Straßenansicht seines Ziels.

Einen besonders attraktiven Service bieten die Audi Verkehrsinformationen online – sie zeigen Daten zum aktuellen Verkehrsfluss in der Navigationskarte. Wenn die vom Fahrer gewählte Route frei ist, erscheint sie grün eingefärbt; bei dichtem oder zähfließendem Verkehr wird sie gelb und bei Stau rot dargestellt. Das Audi System arbeitet schneller, exakter und intelligenter als die bekannten TMC- und TMC pro-Lösungen, es bezieht auch Städte und Landstraßen mit ein. Seine Datenbasis stammt vor allem von hunderttausenden Smartphones und Navigationsgeräten, die in Fahrzeugen mitgeführt werden und ihre aktuellen Positionen in engen Zeitabschnitten über das Mobilfunknetz an einen Provider melden.

Ein weiterer Audi connect Dienst ist die Point-of-Interest-Suche; sie lässt sich über die Sprachsteuerung bedienen. Der Fahrer des A3 muss nur seinen Zielort auswählen und den Begriff nennen, für den er sich interessiert.

Die Antworten, die in diesem Beispiel auf dem Bordmonitor erscheinen, beinhalten häufig die Telefonnummer des Restaurants mit Zusatzinformationen, die über einen kurzen Klick angewählt bzw. als Navigationsziel übernommen werden kann.

Beim Service Nachrichten online kann der Fahrer die Nachrichtenquellen (RSS Feeds), die er bevorzugt nutzt, über myAudi.de auswählen. Während der Fahrt kann er sie mittels Vorlesefunktion nutzen, im Stand erscheinen die Texte auch auf dem MMI-Monitor.

Die Online Community-Dienste Facebook und Twitter sind bei Audi connect ebenfalls fahrzeuggerecht umgesetzt und ins Infotainment integriert. Neben der Vorlesefunktion bietet der A3 eine praktische Textfunktion: Vorgefertigte Textbausteine, kombiniert mit Daten wie der aktuellen Position, informieren den Freundeskreis auf Wunsch darüber, wo man sich gerade aufhält. Zugleich hilft der Facebook-Dienst zu einem Freund zu finden, der seine Positionsdaten mitteilt – praktisch beispielsweise, wenn man sich bei einer gemeinsamen Urlaubsfahrt auf der Autobahn verloren hat.

Der Service City Events von Audi connect informiert – ebenfalls wahlweise per Vorlesefunktion – über Veranstaltungen, Konzerte und weitere Events am Reiseziel oder am Standort. Mit der Flug- und Zuginformation von Audi connect kann der Fahrer Abfahrt- und Abflugzeiten, Bahnsteige und Gates sowie eventuelle Verspätungen komfortabel abfragen. Über eine Suchfunktion kann er Flugnummern direkt eingeben; wichtige Informationen werden auf Wunsch vorgelesen. Der Dienst Tankstopp listet die günstigsten Tankstellen am Ziel oder am Standort auf, wobei er die benötigte Kraftstoffsorte berücksichtigt.

Audi treibt die Vernetzung seiner Fahrzeuge in großen Schritten weiter voran. Neue Technologien, etwa bei der nahtlosen Nutzung von Medien, machen die Autos mit den vier Ringen immer mehr zum Erlebnisraum. Audi baut im großen Stil eigene IT-Kapazitäten für sie auf. Mittelfristig setzt die Marke auf die Car-to-X-Kommunikation, also auf den Informationsaustausch mit anderen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur. Sie eröffnet viele neue Möglichkeiten, das Fahren noch sicherer, entspannter und ökonomischer zu machen.



# Beiträge der ICT zur Energiewende

---

*von Rüdiger Cott*

*Rüdiger Cott ist seit 2001 bei einem Betreiber von Informations- und Kommunikationstechnik tätig. Während und nach seinem Studium der Mathematik an der Universität zu Köln arbeitete er 10 Jahre in einem IT-Unternehmen. Nach erfolgreicher Teilnahme am ersten Jahrgang des berufsbegleitenden Weiterbildungsstudiengangs "Telekommunikationsmanager" 1996/1997 an der Technischen Universität Ilmenau wechselte er in den Bereich Telekommunikation und war dort zuerst als Berater tätig. Derzeit verantwortet er im Wesentlichen Rollout-Projekte im WAN-Umfeld.*

## **Motivation**

Die Energiewende und die Nutzung regenerativer Energieformen gehören zu den großen Herausforderungen der nahen Zukunft. Fragestellungen wie Ablösung fossiler Energieformen, Ausstieg aus der Kernenergie, Kosten für die Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien und schleppender Ausbau der Netze sind häufig in Medienberichten zu finden.

Weniger im öffentlichen Blickfeld stehen die Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (ICT), die die Energiewende unterstützen, bzw. sie überhaupt ermöglichen.

Der Vortrag zeigt den Zusammenhang auf und nennt Beispiele von derzeit am Markt verfügbaren oder in der Entwicklung befindlichen Lösungen sowie denkbaren weiteren Entwicklungen. Eine Auswahl wird hier in dieser Zusammenfassung dargestellt.

## **Ziele der Energiewende und resultierende Herausforderungen**

Das Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 nennt als Ziel die Reduktion aller Treibhausgase in Deutschland bis 2050 um 80% bis 95% gegenüber

dem Ausstoß von 1990. Erreicht werden soll dies durch eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs und durch den Ausbau der erneuerbaren Energien [1].

Das Ziel den Energieverbrauch zu senken, ohne das wirtschaftliche Wachstum zu gefährden, soll im Wesentlichen durch eine effizientere Nutzung beim Verbrauch, durch Wärmedämmung und durch Reduktion der Verluste bei der Energieerzeugung erreicht werden.

Die Nutzung von erneuerbaren Energien stellt weitere Anforderungen: Die Energie wird nicht alleine durch große Kraftwerke erzeugt, sondern zusätzlich in steigendem Umfang durch eine Vielzahl kleinerer (Windkraft, Wasserkraft, Biogas, Solarparks) und kleinster Anlagen (private Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke). Zudem stehen in Deutschland kontinuierlich nutzbare Energieformen wie Erdwärme, Wasserkraft und Biomasse in weitaus geringerem Maße zur Verfügung als Windkraft und Sonnenenergie.

Das bedeutet also eine sehr heterogene Einspeisung sowie eine stark schwankende Menge an bereitgestellter Energie. Das Management des Stromnetzes wird erheblich komplexer, "intelligente Stromnetze" ("Smart Grids") sind gefordert. Diese "Intelligenz" bezieht sich nicht nur auf das Managen der Energiequellen (siehe dazu den Vortrag "Einspeisemanagement als Bestandteil von Smart Grids"), auch der Verbrauch muss differenzierter als bisher betrachtet und möglichst auch beeinflusst werden.

## **Beispielhafte Lösungsansätze**

Steht mehr Energie zur Verfügung, als verbraucht werden kann, kann sie in "speicherbare" Energie umgewandelt werden: Pumpspeicherwerke, Akkus, Wasserstoffherzeugung, Methanisierung, etc. Hier muss jedoch mit beschränkten Ressourcen, hohen Kosten oder Umwandlungsverlusten gerechnet werden. Besser ist es, den Verbrauch von Energie soweit möglich an die Bereitstellung anzupassen.

Dieses Prinzip ist nicht neu: Bereits in den 1950er Jahren wurde die Nutzung von Nachtspeicherheizungen forciert, um die Auslastung der Kraftwerke gleichmäßiger zu gestalten. Es gab (und gibt es vereinzelt noch) 2 Tarife: Den

Hochtarif (tagsüber) und den Niedertarif für den sog. "Nachtstrom". Eine solche Einteilung reicht natürlich nicht mehr aus. Je nachdem, ob die bereitgestellte Energie aktuell knapp oder im Überschuss vorhanden ist, kann ein Versorger unterschiedliche Preise verlangen. Diese werden an einen "intelligenten Zähler" ("Smart Meter") im Haus des Kunden übertragen. Der Smart Meter seinerseits überträgt aktuelle Stromverbrauchsdaten an den Versorger, bzw. das Smart Grid, wodurch wiederum die Bereitstellung genauer angepasst werden kann.

Die Information über den aktuellen Strompreis muss nun im Haus ausgewertet werden. Beispielsweise kann der Nutzer via App auf seinem Smartphone den aktuellen Strompreis erfragen. Bequemer ist es, wenn Geräte wie Spülmaschine, Waschmaschine, Trockner, etc. dann selbständig starten, wenn der Strom preiswert ist. An Definition und Erprobung der Schnittstellen für diese "Hausautomation" arbeiten derzeit verschiedene Hersteller. Beispielsweise arbeiten an der Home Management Plattform "QIVICON" die Unternehmen Deutsche Telekom, e.on, EnBW, Miele, Samsung, eQ-3 und Winkel Solarsysteme. Die Marktreife ist für den Herbst 2012 vorgesehen [2].

Auch im gewerblichen Bereich erschließen sich zahlreiche Möglichkeiten der Nutzung, vor allem bei energieintensiven Betrieben. In Bremerhaven arbeiten zwei große Kühlhäuser nach dem Prinzip "kühlen, wenn der Wind weht". Die Hallen werden dann besonders stark abgekühlt, wenn der lokal durch Windkraft erzeugte Strom in hohem Maße zur Verfügung steht. Weht der Wind nicht, lässt man die Temperatur bis zu einem noch unbedenklichen Wert ansteigen [3].

Aufzeichnungen der Energieverbräuche im Viertelstundentakt durch die Smart Meter können zu einem Dienstleister weitergeleitet werden, der auf die Auswertung der Daten spezialisiert ist. Man kann daraus z. B. anhand der Lastkurven unerwartete oder unnötige Verbraucher aufspüren, diese eliminieren und somit zum Energiesparen beitragen.

Elektroautos müssen häufig aufgeladen werden. Das möglichst nicht nur zuhause, sondern auch unterwegs, egal wo man gerade parkt. Das funktioniert nicht, wenn der Fahrer auf ein einziges Versorgungsunternehmen festgelegt ist. Hier kann das, was im Mobilfunk unter "Roaming" bekannt ist, als Vorlage

dienen: Die verschiedenen Anbieter rechnen untereinander ab, der Kunde erhält nur eine Abrechnung.

## Fazit

Den Ideen, mittels Informations- und Kommunikationstechnik die Energiewende zu unterstützen, sind keine Grenzen gesetzt. Es werden zurzeit verschiedenste Lösungen entwickelt, von denen einige zwingende Voraussetzung für die Energiewende sind, andere hilfreich für dessen Gelingen. Kooperationen zwischen Unternehmen verschiedenster Branchen sind notwendig, Angebote zu schaffen, die bei den Konsumenten Akzeptanz finden. Letztendlich werden diese anhand von Kosten-Nutzen-Abwägungen mitbestimmen, was sich durchsetzen wird und was nicht.

## Literatur

- [1] DLR, IWES, IFNE: *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global Energien*. BMU - FKZ 03MAP146, 2012.
- [2] Deutsche Telekom: *Vernetzte Energie - Best Practice Thema*, Bonn, 2012.
- [3] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: *Erneuerbare Energien*. Berlin, 2011, 8. Auflage.



# Einspeisemanagement als Bestandteil von Smart Grids

---

*von Sebastian Köthe*

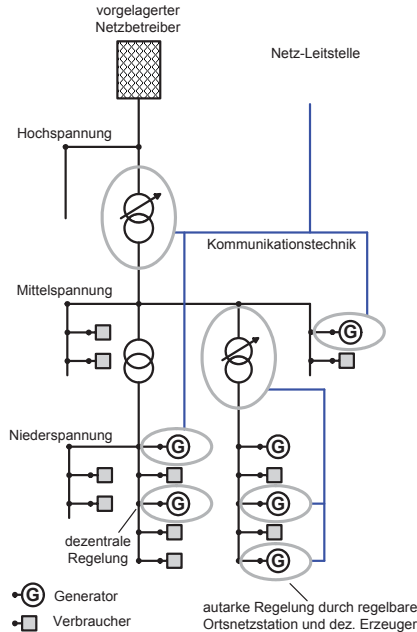
*Sebastian Köthe ist gelernter IT-Systemelektroniker und M. Eng Wirtschaftsingenieur. Im Rahmen seines dualen Studiums und ergänzender studentischer Arbeiten beschäftigt er sich mit neuen Herausforderungen in künftigen Versorgungsnetzen. Zurzeit ist er für einen regionalen Verteilnetzbetreiber der Elektronenenergieversorgung tätig und promoviert in Kooperation mit der Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena an der TU Ilmenau.*

## **Einleitung**

Die Anzahl von Kleinerzeugungsanlagen im Energieversorgungsnetz steigt durch die monetären Anreize des Gesetzes für den Vorrang erneuerbaren Energien (EEG) stetig an. Nun gilt es diese Kleinkraftwerke systemisch zu integrieren. Ein Schritt hierzu ist das Einspeisemanagement.

## **Neue Anforderungen**

Die Versorgung mit 80% erneuerbaren Energien bis zum Jahre 2050 [1] kann nur schrittweise erfolgen. Unstrittig ist, dass durch die volatile und regional unterschiedliche Bereitstellung von erneuerbarer Energie, die Anforderungen an das gesamte Energieversorgungssystem steigen werden. Dies betrifft elektrische Betriebsmittel, wie Transformatoren, Leitungen und Kabel aber auch Leit-, Fernwirk- und Kommunikationstechnik. Smarte Lösungen können nur über eine effektive Verknüpfung von dezentraler (eigenständige Regelung von Erzeugungsanlagen) und zentraler Intelligenz (konventionelles Fernwirk- und Leitsystem) etabliert werden. Die Regelfähigkeit des Gesamtsystems muss erhöht werden, um Wind, solare Strahlungsenergie, Biomasse usw. , so effizient wie möglich, in elektrische Energie zu überführen, zu transportieren, zu verteilen und zu nutzen.



**Bild 1: Umsetzung verschiedenartiger Regelkreise**

Parallel hierzu bedarf es der Anpassung von Märkten und dem Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze.

## Aktuelles Einspeisemanagement

Ein Teil dieses langfristigen Prozesses ist die Anpassung der eingespeisten Leistung aus dezentralen Erzeugungsanlagen an den tatsächlichen Bedarf unter Berücksichtigung der maximal möglichen Auslastung angeschlossener Betriebsmittel. Dieses Einspeisemanagement beschreibt derzeit ausschließlich die zeitlich begrenzte Wirkleistungsreduzierung und ist abzugrenzen von aktuellen smart-metering-Systemen [2]. Es findet Anwendung falls regionale Engpässe oder eine systemische Diskrepanz zwischen Gesamterzeugung und -verbrauch die Versorgung gefährden. Die Umsetzungskonzepte der legislativen Anforderungen sind zum Großteil vergleichbar [2]. Ab einer bestimmten

Leistungsklasse werden Erzeugungsanlagen über die klassische Fernwirktechnik im Leitsystem des Netzbetreibers erfasst und bei Bedarf mit einer Reduzierungsaufforderung versehen. Die Handlungsfolge hierbei ist festgelegt [3]. Zur Umsetzung der Leistungsreduzierung bei Kleinanlagen unter 100 kW installierter Leistung soll bewährte, weitgehend standardisierte, verfügbare Technik eingesetzt werden. Dies ist derzeit z.B. die leitungsgebundene oder funkbasierte Rundsteuertechnik [4]. Mögliche Weiterentwicklungen des Einspeisemanagements, über die derzeitige Reduzierungsvorgabe hinaus, können z.B. die aktive Kommunikation mit anderen Erzeugungsanlagen oder regionalen Stellgliedern, wie ein regelbarer Ortsnetztrafo sein.

## Quellenverzeichnis

- [1] Gesetz für den Vorrang erneuerbaren Energien, § 1 (2), Berlin, 2008
- [2] Köthe, S., Garhamer, M., Braun, M., Beitrag der Photovoltaik zur Netzstabilisierung durch Einspeisemanagement, Bad Staffelstein, 2012
- [3] Bundesnetzagentur, Leitfaden zum EEG-Einspeisemanagement - Abschaltfolge, Berechnung von Entschädigungszahlungen und Auswirkungen auf die Netzentgelte, Bonn, 2011
- [4] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Anwendungshinweis § 6 Absatz 2 EEG 2012, Berlin, 2012



# Anforderungen an Kommunikationssysteme aus der Sicht von Integrated Smart Metering

---

von Dr. Werner Domschke

*Werner Domschke studierte und promovierte in Dresden im Fachbereich Technische Kybernetik. Nach seiner Tätigkeit bei Mikroelektronik Mühlhausen, wo er maßgeblich die Entwicklung von Taschenrechnern und Kleincomputern beeinflusste, gründete er 1991 eine eigene Firma und spezialisierte er sich auf Kommunikations- und Datenbanktechnik. Ab 2001 leitete er bei Siemens Building Technologies electronic die Entwicklung und Markteinführung des Funkfernauslesesystems Siemeca AMR für Wasser- und Wärmeverbrauch in Wohnungen. 2004 wurde er zum Geschäftsführer berufen. Ab 2009 übernahm er die Geschäftsführung der SMARVIS GmbH und vermarktet hier die Idee des Integrated Smart Metering.*

## Smart Metering

Smart Metering hat nach der Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) im Juni 2011 unter dem Einfluss der Energiewende in Deutschland eine ganz neue Bedeutung gewonnen. Durch die Forderungen nach Datenschutz und Datensicherheit wird mit Einführung des Schutzprofils Smart Metering insbesondere bei den Energieversorgern die Bezahlbarkeit solcher Systeme diskutiert. Mit dem Integrated Smart Metering, also der Datenkommunikation für alle Verbrauchsgrößen im Haus (Strom, Gas, Wasser und Wärme in Metering und Submetering) können Geschäftsmodelle erarbeitet werden, die positive Ergebnisse und eine Reihe von Zusatznutzen zeigen.

Im Vortrag

- werden Randbedingungen genannt, die sich aus Gesetzen, Richtlinien und Standards für die Kommunikationstechnik ergeben,

- werden einige Einflüsse auf die Kommunikationstechnik angeführt, die aus den Interessen der Marktteilnehmer folgen,
- werden Funktionalitäten für die Kommunikationstechnik empfohlen, mit denen Zusatznutzen für neue Dienstleistungen erzeugt werden kann,
- wird ein technischer Ansatz vorgeschlagen und das sich daraus ergebende Geschäftsmodell vorgestellt, mit dem weitgehend alle Forderungen erfüllt werden können.

# Aspekte der optischen Übertragung von Managementsignalen für LWL-Systeme

---

*von Prof. Ralf Tosse*

*Ralf Tosse studierte Informationstechnik an der damaligen Technischen Hochschule Ilmenau und promovierte dort auch während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter auf dem Gebiet der Signalisierung. Zurzeit ist er Professor für Informations- und Kommunikationssysteme an der Fachhochschule Nordhausen. Während seiner Tätigkeit an der TU Ilmenau war Prof. Tosse maßgeblich an der Konzeption, Entwicklung und Organisation des weiterbildenden Studienganges Telekommunikationsmanager beteiligt und hat in diesem zahlreiche Lehrveranstaltungen durchgeführt.*

## Motivation

Für zahlreiche Anwendungsfälle kann es notwendig sein, auf optischen Übertragungsstecken neben dem hochbitratigen Nutzsignal, das durch On-Off-Keying oder andere Modulationsverfahren wie z.B. QPSK optisch übertragen wird, Steuerinformationen oder Managementinformationen zu übertragen. Dies ist hinlänglich als Signalisierung bekannt.

In modernen Übertragungssystemen und Netzen sind sowohl die Nutz- als auch die Signalisierungsinformationen digital. Um den Signalisierungskanal parallel zum Nutzkanal zu betreiben, müssen geeignete Multiplex-übertragungsverfahren eingesetzt werden, die eine Trennung der beiden Kanäle ermöglichen. Dabei kann es zur gegenseitigen Beeinflussung kommen, die zu einer Erhöhung der Bitfehlerrate des Signalisierungs- und des Nutzkanals führen können.

Der vorliegende Beitrag beschreibt Untersuchungen, die dazu analytisch und messtechnisch an einem 10G-Übertragungskanal durchgeführt wurden. Das Nutzsignal wird mit On-Off-Keying übertragen. Dem Nutzsignal wird ein sinusförmiger Träger durch Modulation der Spitzenleistung des Nutzsignals in

der Größenordnung von 1% der Maximalamplitude überlagert, der die Signalisierungsinformationen mit Hilfe von BPSK-Modulation überträgt. Dabei wird besonders das Problem der unteren Grenzfrequenz untersucht, d.h. unter welchen Bedingungen beeinflusst das Nutzsignal den Signalisierungskanal.

## **Zusammenfassung**

Insgesamt zeigt sich, dass durchaus spektrale Beeinflussungen des Signalisierungskanals durch den Nutzkanal, der mit einer weitaus größeren Leistung arbeitet, entstehen können, obwohl die übertragenen Datenraten bzw. der Takt des Nutzsignals und die Trägerfrequenzen der BPSK-Modulation um mehr als 7 Größenordnungen auseinander liegen. Spektrale Überdeckungen traten während der Messungen z.B. durch periodische Anteile auf, wie sie in Pseudo Random Bit Sequences (PRBS-) Folgen enthalten sind. Auch wenn diese PRBS-Folgen in der Regel nicht für die Nutzsignalübertragung relevant sind, können auch andere Nutzsignale mit periodischen Inhalten auftreten (z.B. Videostreams). Durch Verwendung von Leitungscodes mit stochastischen Bildungsvorschriften (z.B. 8B/10B) können die spektralen Überlappungen verringert werden.



# Realisierung von intelligenten Anwendungen in drahtlosen Sensornetzen

---

von Marco Wenzel

*Marco Wenzel schloss 2007 als Diplomingenieur sein Studium der Ingenieurinformatik an der TU Ilmenau ab. Anschließend arbeitete er dort als wissenschaftliche Hilfskraft am Fachgebiet Kommunikationsnetze im Bereich des kontextsensitiven Routings in Ad-hoc Netzen. Im Jahr 2008 wechselte er zu T-Systems nach Ulm und beschäftigte sich hier als Systemingenieur vorwiegend mit der Entwicklung von mobilen Kommunikationssystemen in öffentlichen Verkehrsmitteln. Seit Ende 2010 ist Herr Wenzel als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IIS in der Abteilung Kommunikationsnetze in Nürnberg tätig, wo er für die Entwicklung von Middleware- und Applikationskomponenten in drahtlosen Sensornetzen zuständig ist.*

## Überblick

Mit der s-net<sup>®</sup> Technologie bietet das Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS eine Lösung für extrem energiesparende drahtlose Sensornetze an. Primär adressiert s-net<sup>®</sup> folgende Anwendungsbereiche.

- Langlebige Systeme zur großflächigen und verteilten Erfassung von Daten
- Lokalisierung von Personen und Objekten
- Einsatz von Smart Objects zur eigenständigen Bearbeitung von Aufgaben

Der s-net<sup>®</sup> Protokollstack befähigt Sensorknoten zur Selbstorganisation in dynamischen Topologien und ermöglicht aufgrund der Multi-Hop-Fähigkeit die Weiterleitung von Daten über große Distanzen. Der optimierte Medienzugriff via TDMA (Time Division Multiple Access) sowie die Anpassbarkeit an die jeweilige Projektspezifikation erlauben es, Sensornetze mit sehr langer Le-

bensdauer und hoher Robustheit zu betreiben. Mit KOM-OS beinhaltet die s-net<sup>®</sup> Technologie ein Multitasking-fähiges Betriebssystem mit Echtzeit-Eigenschaften. Die Integration von zusätzlichen Systemkomponenten und Anwendungen in die Firmware wird durch definierte Schnittstellen vereinfacht.

Die s-net<sup>®</sup> Hardware-Referenzplattform zeichnet sich durch ein energieeffizientes Design aus und bietet durch entsprechende Abstraktionsebenen die Möglichkeit zur schnellen Anpassung an Kundenanforderungen. Zahlreiche Sensoren, Aktoren sowie die Funkeinheit und der entsprechende Mikrocontroller stehen als Referenzdesign zur Verfügung und können bedarfsgerecht in die Serienfertigung überführt werden.

## **Motivation**

In vielen mobilen Kommunikationssystemen mit beschränkten Ressourcen muss die Anwendungslogik für unterschiedliche Einsatzszenarien mit hohem Aufwand projektspezifisch entwickelt werden. Auch in der s-net<sup>®</sup> Technologie wurden diese Softwarekomponenten bisher entsprechend der anspruchsvollen Anforderungen eingebetteter Systeme implementiert und fest in die Firmware der Sensorknoten integriert.

Die neue Technologie s-net<sup>®</sup> Smart Applications hat nun das Ziel, Anwendungen in drahtlosen Sensornetzen möglichst generisch und konfigurierbar zu implementieren. Die Funktionalität des Sensorknotens wird dabei durch die Zusammenarbeit zahlreicher kleiner Module erreicht, welche häufig verwendete Hard- und Softwarekomponenten nutzen und steuern. Diese sind in der Firmware des Knotens integriert und können nach Bedarf gestartet und konfiguriert werden. Folgende Funktionalitäten werden durch die intelligenten Applikationen hauptsächlich abgedeckt.

- Ansteuerung von Sensoren und Aktoren (z.B. Auslesen des Temperatursensors)
- Bereitstellung häufig verwendeter Algorithmen (z.B. Berechnung der Position des Sensorknotens)

- Sammeln und Aggregieren von Daten (z.B. Versenden aller gemessenen Temperaturwerte eines Tages)

Die regelbasierte Verschaltung dieser Komponenten macht es letztendlich möglich, komplexe Aufgaben zu erledigen und die Funktionalität eines Sensorknotens ohne direkte Programmierung zu verändern. Aufgrund der hohen Flexibilität des Systems können nach Bedarf aber auch Applikationen zu den bereits bestehenden hinzugefügt oder aus der Firmware des Sensorknotens entfernt werden.

## Funktionsweise

Mit Hilfe der universellen Konfigurationssprache SAL (s-net® Smart Application Language) werden die oben beschriebenen Applikationen konfiguriert und gesteuert. Die Hauptaufgabe der Sprache besteht darin, Befehlsabläufe und deren Parameter für die einzelnen Module zu beschreiben. Ausgelöst durch definierte Ereignisse, wie beispielsweise der Empfang einer Nachricht oder eines Interrupts, verarbeitet die Applikation jeweils eine Folge von Befehlen. Diese haben einerseits ausführenden Charakter (Aktionen), andererseits können Befehle aber auch als Bedingungen in if-else-Konstrukten dienen. Bedingungen und Aktionen können jeweils zwei Parameter verarbeiten, welche als Variablen bekannter Datentypen definiert und während der Laufzeit verändert werden können. Folgendes Beispiel verdeutlicht das Prinzip und zeigt die grundlegende Syntax.

```
event EventNumber {
  do Action1(p11,p12)
  if (ConditionA(pA1,pA2)) {
    do Action2(p21,p22)
  } else {
    do Action3(p31,p32)
  }
}
```

Im SAL-Code wird gezeigt, dass beim Eintreten des Ereignisses mit der Kennzeichnung „EventNumber“ zuerst die Aktion „Action1“ ausgeführt wird. Anschließend wird die Bedingung „Condition1“ geprüft. Trifft diese zu, wird „Action2“ ausgeführt – anderenfalls springt das Programm zu „Ac-

tion<sup>3</sup>“. Bei allen Befehlen werden die bereits erwähnten Variablen zur Parametrisierung übergeben. Um deren Funktion zu verdeutlichen, sei das Beispiel eine LED-Applikation mit der Aktion „Blink(p1,p2)“ genannt. Die Ausführung dieses Befehls bewirkt das Blinken einer bestimmten LED des Sensorknotens in einer definierten Frequenz. Die verwendete Variable p1 dient dabei zur Adressierung der LED und p2 zur Festlegung der Frequenz.

Die im Codebeispiel gezeigte Zusammenschaltung von Befehlen in Bezug auf ein Ereignis wird in der s-net<sup>®</sup> Smart Applications Technologie als Regel bezeichnet. Mehrere Regeln, also die jeweiligen Befehlssätze für unterschiedliche Ereignisse, welche eine Applikation konfigurieren, werden Regelsatz genannt. Die Regelsätze der Einzelmodule auf einem Sensorknoten sowie die Zusatzinformationen über Variablen und zusätzliche Parameter bilden ein sogenanntes Konfigurationsprofil.

Ein in SAL geschriebenes Konfigurationsprofil für Sensorknoten wird mit Hilfe des SAL-Compilers in ein Speicher sparendes Datenformat, den SAL-Bytecode, übersetzt. Diese Daten können dann in die Firmware des Knotens integriert, auf zusätzliche Speichermedien (z.B. EEPROM, Micro-SD) geschrieben oder direkt über die Funkschnittstelle des Sensorknotens übertragen werden. Eine zentrale Management-Instanz interpretiert das Profil und startet die benötigten Module. Nach der Konfiguration mit den jeweiligen Regelsätzen sorgt eine Regelmaschine in jeder Applikation dafür, dass die gewünschte Reaktion auf Ereignisse umgesetzt wird. Dieser Konfigurationsprozess wird während des Boot-Vorgangs durchgeführt. Es ist allerdings auch möglich, die Knotenfunktionalität während der Laufzeit durch das Umschalten zwischen unterschiedlichen, auf dem Knoten gespeicherten, Profilen zu ändern.

## Fazit

Die Technologie der s-net<sup>®</sup> Smart Applications ermöglicht es, die Funktionalität von Sensorknoten ohne direkte Programmierung zu verändern. Die vorhandenen intelligenten Applikationen können als Softwarekomponenten der Knotenfirmware in Projekten mit unterschiedlichen Anforderungen immer wieder verwendet werden. Aufgrund definierter Schnittstellen und der hohen Modularität des Systems können aber auch zusätzliche Komponenten inte-

griert oder nicht benötigte entfernt werden. Die dynamischen Konfigurierbarkeit erspart das zeitraubende Einsammeln und Ausbringen von Sensorknoten zum Überspielen der Firmware in laufenden Netzen. Anpassungen von Projektspezifikationen können damit schnell und kontrolliert umgesetzt werden.

Die Konfigurationssprache SAL erleichtert die Realisierung von Anwendungsszenarien für drahtlose Sensornetze deutlich. Dies wird durch einen definierten Workflow inklusive entsprechender Entwicklungswerkzeuge unterstützt. Sowohl aus Kunden- als auch aus Entwicklersicht wird dadurch die Realisierung von Projekten auf eine höhere Ebene abstrahiert. Die strengen programmiertechnischen Anforderungen höherer Sprachen für die Entwicklung von Embedded Software spielen somit nur noch bedingt eine Rolle. Selbst unerfahrene Benutzer erreichen mit Hilfe eines zur Toolchain gehörenden grafischen Programmierwerkzeugs schnell und effizient die gewünschten Ergebnisse.



# Adaptives Routing in mobilen Ad-hoc-Netzwerken

---

von Thomas Finke

*Thomas Finke machte seinen Abschluss als Diplomingenieur an der Hochschule Heilbronn. Er arbeitet seither als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Studiengang Elektronik und Informationstechnik an der Hochschule Heilbronn und ist Promotionsstudent an der International Graduate School on Mobile Communications an der TU Ilmenau. Seine Tätigkeit bezieht sich auf den Bereich des Routings in hochdynamischen, mobilen Ad-hoc-Netzwerken.*

## Motivation

Ein großes Problem nach Naturkatastrophen ist die Erstversorgung der betroffenen Personen. Um die Koordination der Ersthelfer zu ermöglichen, ist eine Kommunikationsinfrastruktur erforderlich. Diese Infrastrukturen, wie beispielsweise Handynetze oder Festnetzanschlüsse, sind jedoch meist durch die Naturkatastrophen zerstört und nicht mehr einsatzfähig. Als Beispiel kann hierfür der Tsunami in Japan im Jahre 2011 genannt werden. Durch die Flutwelle waren viele Kommunikationsnetze nicht mehr einsatzfähig und gerade zu diesem Zeitpunkt war die Koordination von Ersthelfern von höchster Priorität.

Im Rahmen des internationalen Graduiertenkollegs „MobicoM“ werden mobile Ad-hoc-Netzwerke entwickelt, welche ohne vorhandene Infrastruktur selbstständig Kommunikationsnetze aufbauen können. Mit dieser Technologie besteht die Möglichkeit, dass die Geräte der Ersthelfer selbstständig ein unabhängiges Kommunikationsnetzwerk aufbauen können.

Die einzelnen Kommunikationsteilnehmer in solchen mobilen Ad-hoc-Netzwerken (MANETs) verfügen über stark unterschiedliche Ressourcen und Eigenschaften; so kann ein Teilnehmer eine stationäre Basisstation mit einem

Notstromaggregat sein, während ein anderer ein Mobiltelefon ist, welches in einem Helikopter transportiert wird.

Eine wichtige Teilaufgabe in solchen Netzwerken ist das Routing, also das Finden von Routen zum Weiterleiten von Datenpaketen. Die dafür üblicherweise verwendeten Routingprotokolle stoßen bei den in Katastrophenszenarien üblichen hochdynamischen Netzen an ihre Grenzen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein adaptives Routingverfahren entwickelt, welches in der Lage ist, sich an die hochdynamischen Gegebenheiten von mobilen Ad-hoc-Netzwerken anzupassen.

## **Routing in Netzwerken**

Die Leistungsfähigkeit von MANETs ist stark vom verwendeten Routingprotokoll abhängig. Dabei ist es eine wichtige Aufgabe, eine Route zum Ziel schnell und ohne großen Ressourcenverbrauch zu finden. Hierfür wurden in der Vergangenheit bereits zahlreiche Routingprotokolle entwickelt. Zwei der bekanntesten und am weitesten verbreiteten Routingprotokolle sind hierbei „Ad-hoc On-demand Distance Vector“ (AODV) [1] und „Optimized Link State Routing“ (OLSR) [2].

Bei dem erstgenannten AODV handelt es sich um ein reaktives Routingprotokoll, welches erst dann eine Route sucht, wenn diese benötigt wird. Dazu sendet der suchende Netzteilnehmer einen Route Request (RREQ) aus, welcher von den anderen Knoten weitergeleitet wird. Erreicht dieser RREQ einen Netzteilnehmer, welcher die Route zum gesuchten Ziel kennt, so antwortet dieser Teilnehmer (Knoten) mit einem sogenannten Route Reply (RREP). Dieses Antwortpaket wandert dann den Weg wieder zurück zum Absender der Anfrage und teilt diesem die Route zum Zielknoten mit. Alle Knoten, die unterwegs die Routingpakete mithören, lernen ebenfalls von diesen Informationen für eine eventuelle spätere Verwendung. Wenn eine gefundene Route ausfällt, weil beispielsweise die Batterie eines Knotens leer ist, wird die Information zu diesem Netzfehler von den anderen Knoten mit Hilfe eines Route Errors (RERR) im Netzwerk verteilt.



Im Gegensatz zu dem reaktiven AODV sucht das proaktive OLSR ständig nach verfügbaren Routen. Dies hat den Vorteil, dass eine Route sofort zur Verfügung steht, wenn diese gebraucht wird und somit die Verzögerung (Latenz) zur Routensuche vermieden werden kann. Dadurch können anstehende Datenpakete schneller zum Ziel weitergeleitet werden, was beispielsweise bei Audio- oder Videotelefonie wichtig ist, um ein „Hängen“ der Übertragung zu vermeiden. Die Knoten versenden bei OLSR daher periodisch sogenannte HELLO-Nachrichten, welche den Nachbarknoten mitteilen, zu welchen Knoten der Absender momentan eine Verbindung hat. Mit diesen Informationen berechnet dann jeder Knoten seine globale Sicht auf das ganze Netzwerk.

Neben dem Vorteil des schnelleren Weiterleitens von Datenpaketen hat OLSR allerdings den Nachteil, dass durch das ständige Versenden von HELLO-Nachrichten mehr Energie verbraucht wird, was gerade bei batteriebetriebenen Geräten ein Problem werden kann. Das AODV Routingprotokoll ist hierbei energiesparender, benötigt aber einige Zeit zum Finden einer Route.

Anhand dieses einfachen Beispiels kann schon erkannt werden, dass es kein Routingprotokoll gibt, welches für alle Einsatzzwecke gleichermaßen geeignet ist. Dies wirkt sich in den hochdynamischen MANETs in Katastrophenszenarien umso mehr aus.



# Aktuelle Forschungsthemen am Fachgebiet „Kommunikationsnetze“

## Vorwort

---

*von Prof. Jochen Seitz*

*Prof. Dr. rer. nat. Jochen Seitz studierte Informatik an der Universität Karlsruhe (TH). Dort promovierte und habilitierte er am Institut für Telematik bei Prof. Gerhard Krüger. Nach einem Post-Doc-Aufenthalt an der Lancaster University (Großbritannien) und einer Vertretungsprofessur an der Technischen Universität Braunschweig nahm er 2001 einen Ruf auf die Professur „Kommunikationsnetze“ an der Technischen Universität Ilmenau an. Dort ist er seither auch als wissenschaftlicher Leiter für das Weiterbildungsstudium „Telekommunikations-Manager“ verantwortlich und engagiert sich als Mitglied im „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“.*

Nach den Beiträgen zum letzten TKM-Workshop sollen auch in diesem Tagungsband wieder die aktuellen Forschungsthemen aus dem Fachgebiet „Kommunikationsnetze“ präsentiert werden.

Aktuell arbeiten am Fachgebiet zehn Promovenden an ihrem Thema. Extern werden sechs weitere Doktoranden betreut. Die Arbeiten betreffen insbesondere die Bereitstellung von Kommunikationsdiensten und dazu gehöriger Dienstgüter in heterogenen Netzen und Mechanismen zur Selbstorganisation in Kommunikationsnetzen.

Die Beiträge spiegeln die Weiterentwicklung der Forschung am Fachgebiet seit dem letzten TKM-Workshop vor zwei Jahren wider. Einzelne Ergebnisse wurden auch international auf Konferenzen vorgestellt, wobei speziell der „Excellent Paper Award“ zu erwähnen ist, mit dem ein Beitrag des Fachgebiets auf der „Fourth International Conference on Ubiquitous and Future

Networks“ (ICUFN 2012) ausgezeichnet wurde, die vom 4. bis 6. Juli 2012 in Phuket (Thailand) stattfand.

Natürlich stehen die einzelnen Autoren für Nachfragen und Kommentare gerne zur Verfügung – am besten per E-Mail. Aktuelle Projekte und Veröffentlichungen des Fachgebiets entnehmen Sie zudem bitten unserer Web-Seite <http://www.tu-ilmenau.de/kn>.



Jochen Seitz

# Routing Protocol for Self-Organized Communication Network with Guaranteed QoS

---

von Aymen Al-Ani

*Aymen Al-Ani machte seinen Bachelorabschluss am Technischen Universität Baghdad und erlangte den akademischen Grad Master of Science an der TU Baghdad im Studiengang Software Engineering mit dem Schwerpunkt Genetically Based Neural Network for Wavelet Analysis. Seit Oktober 2011 ist er Promotionsstudent im Fachgebiet Kommunikationsnetze der TU Ilmenau. Seine fachlichen Interessen liegen im Bereich Routing Protocol for Self-Organized Communication Network with Guaranteed QoS.*

## Motivation

Routing in Self-Organized Network (SON) is utilized to support the required QoS and self-organization for Mobile Ad hoc Networks (MANETs). However, it is difficult or even impossible to describe the routing information accurately in SON due to the rapid dynamic changes in the routing statuses. In addition, the routing problem with two or more additive or multiplicative QoS parameters to be optimized is NP-complete [1]. Based on the above explanations, the QoS routing problem in SON is extremely difficult to deal with since the aforementioned factors need to be comprehensively considered.

Due to the dynamic nature of MANETs, the primary challenge of these networks is the design of an effective routing algorithm that can adapt to frequent and rapid changes in the MANETs. Ant Colony algorithms (ACO) tend to provide properties such as adaptivity and robustness, which are essential to deal with the challenges of MANETs. The Ant Colony based solution for wireless ad hoc routing is more appealing because it easily fits into the dynamic nature of MANET. It provides adaptivity, flexibility, robustness and even efficiency to the applied system to make them prime requisites in such environment. However, the resource constraints, such as battery power and mobility of nodes leads to significant difficulties in providing the required QoS

for the involved nodes in MANET's. These difficulties can be tackled by employing cross-layer approaches for routing [2].

The given biological inspired algorithm is enhanced with a cross layer architecture to attain more robust decisions. The signal strength, signal to interference and noise ratio, remaining power and timestamp parameters have been taken from the physical layer to the network [3].

## Goal of QoS routing

The role of a QoS routing strategy is to compute paths that are suitable for different types of traffic generated by various applications while maximizing the utilization of network resources. But the problem of finding multi-constrained paths has high computational complexity, and thus there is the need to use algorithms that address this difficulty. The main goals of QoS routing can be listed as:

1. To select a path from source to destination based on information about the state of the network satisfying user's requirements.
2. To maximize network resource utilization.
3. To degrade the network performance when unwanted things like congestion or path failures appear in the network [4,5].

Hence, the QoS routing schemes must present solutions for metric distribution mechanisms and path selection algorithms. The QoS routing protocols search for routes with sufficient resources in order to satisfy the QoS requirements of a flow. The QoS routing protocol should find paths that consume minimum resources according to the relevant QoS metric. For a successful QoS routing operation, the topology information can be maintained at the nodes. The topology information needs to be refreshed frequently by sending link state update message, which consume precious network resources such as bandwidth and battery power. Otherwise, a dynamically varying network topology may cause the topology information to become imprecise [6].

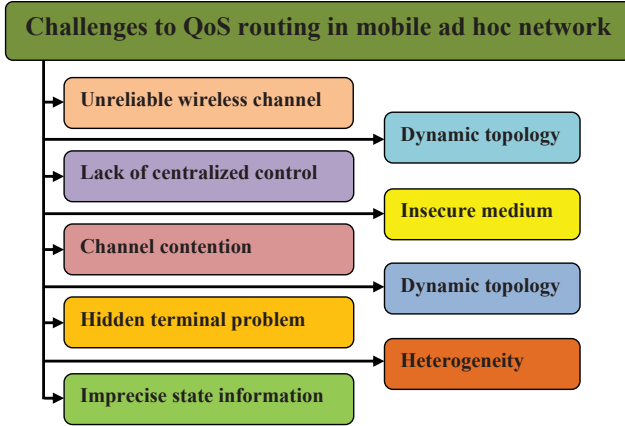
## Challenges to QoS routing in mobile ad hoc network

A mobile ad hoc network (MANET) is a self-configuring network of mobile devices connected by wireless links. In other words, a MANET is a collection of communication nodes that wish to communicate with each other, but has no fixed infrastructure and no predetermined topology of wireless links. Each node in a MANET is free to move independently in any direction, and will therefore change its links to other devices frequently [6].

Generally in wired networks, QoS parameters are characterized by the requirements of multimedia traffic. But in ad-hoc networks QoS requires new constraints due to highly dynamic network topology and traffic load conditions, time-variant QoS parameters like throughput, latency, low communication bandwidth, limited processing and power capacity than wire-based network.

Moreover, QoS in ad-hoc networks relates not only to the available resources in the network but also to the mobility speed of these resources. This is because mobility of nodes in ad-hoc networks may cause link failures and broken paths. In order to continue a communication therefore, it requires finding a new path. However, delay will occur for establishing a new path, also some of the packets may get lost [6]. Figure 1 depicts some challenges when proving the QoS routing in MANETs.

In mobile ad-hoc networks, mobile computation devices are usually battery powered. A limited energy budget constraints the computation and communication capacity of each device. Energy resources and computation workloads have different distributions within the network. The main reasons for energy management in ad-hoc networks are limited energy reserve, difficulties in replacing the batteries, lack of central coordination, constraints on the battery source, and selection of optimal transmission power [7]. The battery life, bandwidth, and buffer space are the important resources in each network. The hidden terminal problem is inherent in mobile ad-hoc networks. This may happen when packets originating from two or more sender nodes which are not within the direct transmission range of each other, crash at a common receiver node. Thus, it requires the retransmission of the packets that may not be adequate for flows [6].



**Figure 1: Challenges for QoS routing in MANTes**

## The path selection algorithm

The path selection algorithm has a degree of complexity that depends on various factors. Since applications generate traffic with very diverse requirements in terms of QoS, the path selection algorithm must select paths that satisfy a set of restrictions. This is however, a problem with high computational complexity, depending on the rule of metrics composition. The value of a metric along a path, based on its value in each hop, depends on the nature of the metric. There is additive, multiplicative and concave metrics. The rule for additive metrics composition is that the value of this metric over a path is the sum of the values of each hop. Delay and number of hops are examples of additive metrics. With a multiplicative metric, the value of the metric over a path is the product of its values in each hop, as it is the case of losses. The value of a concave metric over a path corresponds to the minimum value observed in all hops of that path. Bandwidth and residual energy is a common example of a concave metric [6].

The ad hoc network is considered as a connected, undirected and weighted graph. Let  $G = (V, E)$  represents the network, where  $V$  denotes the set of network nodes and  $E$  denotes the set of bi-directional links, so any unidirectional links are omitted. There are different QoS measures associated with



each nodes or links ( $e \in E$ ) including **delay** ( $e$ ), **bandwidth** ( $e$ ) and **delay\_jitter**( $e$ ). Also for each node ( $n \in V$ ) in the network, the different measures can be denoted as **delay** ( $n$ ) represent the processing delay which includes the queuing delay and the packet transmission time at this node, **packet\_loss**( $n$ ) and **delay\_jitter**( $n$ ). The measurements of delay, jitter and available bandwidth are discussed as follow. Delay is defined as the time a packet spends from source to destination. Jitter describes the extent of delay differences, and by calculating the standard deviation of the actual delay, available bandwidth refers to the maximal bandwidth for data sending at a moment in a given link. Give a source node  $s \in V$  and a destination  $d$ , let  $p(s, d)$  denote the routing from  $s$  to  $d$ , there exists following relationship in the  $p(s, d)$ .

$$\text{delay}(p(s, d)) = \sum_{e \in p(s, d)} \text{delay}(e) + \sum_{n \in p(s, d)} \text{delay}(n)$$

$$\text{bandwidth}(p(s, d)) = \min\{\text{bandwidth}(e)\}$$

$$\text{delay jitter}(p(s, d)) = \sum_{e \in p(s, d)} \text{delay jitter}(e) + \sum_{n \in p(s, d)} \text{delay jitter}(n)$$

$$\text{packet loss}(p(s, d)) = 1 - \prod_{n \in p(s, d)} (1 - \text{packet loss}(n))$$

The optimal path is selected form source  $s$  to destination  $d$  pair by satisfying the following requirement such as delay, delay jitter, bandwidth, packet loss rate, and remaining battery capacity.

Delay constraint:  $\text{delay}(p(s, d)) \leq D$

Bandwidth constraint:  $\text{bandwidth}(p(s, d)) \geq B$

Delay jitter constraint:  $\text{delay jitter}(p(s, d)) \leq DJ$

Packet loss constraint:  $\text{packet loss}(p(s, d)) \leq PL$

Remaining battery constraint: Remaining battery ( $E \geq \text{THR}$ )

## Proposed Algorithm using ACO

The proposed algorithm is the on-demand QoS routing algorithm. Since the requirements for various applications may vary from time to time, the approach for QoS routing may not be proactive. In bandwidth-starved and power-starved environments, it is interesting to keep the network silent when there is no traffic to be routed. Reactive routing protocols do not maintain routes, but build them on demand. A reactive protocol finds a route on demand by flooding the network with control packets [6].

These protocols have the following advantages:

1. No big overhead for global routing table maintenance as in proactive protocols.
2. Quick reaction for network restructure and node failure.

Even though reactive protocols have become the main stream for MANET routing, they still have the following main disadvantages:

1. High latency time in route finding.
2. Excessive flooding can lead to network clogging.

The proposed approach has three phases namely route discovery phase, route maintenance phase and route failure handling. When a source node has to pass data to a destination node with QoS requirements (delay, bandwidth, delay jitter and packet loss) it starts with the route discovery phase. Once the route is found, the data transfer will take place. While data transmission is going on, it is also required to maintain the path to the destination.

## Route discovery phase

The outline of this phase is as follows:

1. Let the source node  $S$  have data to send to a destination  $d$  with QoS requirements delay  $D$ , delay jitter  $DJ$ , bandwidth  $B$ , packet loss  $PL$  and power cost  $C$ .
2. Source  $S$  initiates a forward ant to destination  $d$  through all its neighbors which it has learned from periodic hello messages.
3. While traveling to the destination, the nodes will broadcast the forward ant, only when the next node meets the requirements of the link bandwidth, packet loss rate and residual energy, otherwise it is discarded.
4. When the forward ant reaches the destination, it will be converted as backward ant and forwarded towards the original source. The backward ant will take the same path of the corresponding forward ant but in reverse direction.
5. For every backward ant reaching an intermediate node or source node, the node can find the delay, delay jitter packet loss bandwidth, and power cost from the received ant to the respective destination. Now the node can calculate the path preference probability to reach the destination.
6. If the calculated path preference probability value is better than the requirements, the path is accepted and stored in memory.
7. The path with highest path preference probability will be considered as the best path and data transmission can be started along that path.

## Route failure and maintenance phase

Link failures can be detected as early as possible before they can lead to heavy transmission errors and subsequent packet loss. Link failures can be detected via failed transmissions of data packet or control packets, or through the use of hello messages. Hello messages are short messages that are periodically sent out by all nodes in the network. The reception of a hello message is indicative

of the presence of a wireless link, while the failure to receive such messages point to the absence of a link. Every data packet is associated with an acknowledgement, hence that the link is failed.

The router maintenance phase is responsible for the improvement of the routes during the communication. A route can be invalid due to nodes along the route moving away or a link being broken. The broken link will conduct a local repair procedure to restore the route to the destination of this data packet, trying to find an alternative path to the destination while buffering all the packets it receives, the alternate route with next best update path preference probability will be selected for further transmission. The ant algorithm provides multiple paths. If the optimal path fails, it leads to choosing the next best path. The next best path will be that path with links having next highest probability value (second best path). Hence ant algorithm does not break down on failure of the optimal path.

If the node does not have an alternative path available for the affected destinations, it sends out a repair forward ant. Repair forward ants are similar to forward ants. Upon arrival at the destination, the repair forward ant is converted into a repair backward ant that travels back to the node that started the repair process and sets up the pheromone for the repaired route. If the node successfully finds a new path to the destination, meanwhile, a notification ant will be sent to the source to let the source node know the change of route. All nodes in the path that the notification ant visits will update their routing table to remove any invalid routes. The source will replace the related path with the path value in the notification ant.

If such an alternative path cannot be found, the node updates its routing table, probabilistic table and pheromone table, and broadcasts a route error ant. Upon receiving this message, intermediate nodes will update their routing table and Probabilistic table for the unreachable destination. After receiving the error ant, if the source node still needs a route to the destination, it will initiate a new forward ant to find a route to the destination.

## Conclusion

Mobile ad hoc network routing is a difficult problem because network characteristics such as traffic load and network topology may vary stochastically and in a timevarying nature. The distributed nature of network routing is well matched by the multiagent nature of ACO algorithms. The major complexity in mobile ad hoc networks is to maintain the QoS features in the presence of dynamic topology, absence of centralized, time varying QoS requirements etc.

## Reference

- [1] Z. Wang, J. Crowcroft, "Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Applications", IEEEJSAC, September 1996.
- [2] Radwan, A.A.A.; Mahmoud, T.M.; Hussein, E.H., " AntNet-RSLR: A Proposed Ant Routing Protocol for MANETs", Electronics, Communications and Photonics Conference (SIEPC), 24-26 April 2011, pp 1–6, 2011.
- [3] K. Saleem, et al., "Ant Colony Inspired Self Optimized Routing Protocol based on Cross Layer Architecture for Wireless Sensor Networks," WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS (WTOC), vol. 9, pp. 669-678, 2010.
- [4] B. Roy, S. Banik, P. Dey, S. Sanyal and N. Chaki, "Ant Colony based Routing for Mobile Ad-Hoc Networks towards Improved Quality of Services" Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, VOL. 3, NO. 1, January 2012.
- [5] S. Banik, B. Roy, B. Saha and N. Chaki, "Design of QoS Routing Framework based on OLSR Protocol," ARTCOM 2010, Kochin, Kottayam Kerala, IEEE Explorer, pp-171-73, 2010.
- [6] X. Wang, "Mobile Ad-Hoc Networks: Protocol Design" publishing by InTech, Rijeka, Croatia 2011, ISBN 978-953-307-402-3.
- [7] Kumar Sarkar, S.; Basavaraju, T.G. & Puttamadappa, C. (2008) Ad-hoc Mobile Wireless Networks Principles, Protocols, and Applications, Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, ISBN-13:-4200-6221-2, USA.



# Multicast Management in verzögerungstoleranten Netzen in Verbindung mit Ad-hoc-Netzen

von Peggy Begerow

*Peggy Begerow machte ihren Abschluss 1998 als Diplom-Informatikerin (FH) an der Fachhochschule Schmalkalden. Nach ihrem Studium entwickelte sie Software für Mineralölkonzerne sowie Kieswerke. Ab 2009 war sie an der Technischen Universität Ilmenau als Technische Mitarbeiterin in den Projekten Weitblick, SHS und ThiMo tätig. Seit Juli 2012 ist sie Promotionsstudentin im Graduiertenkolleg „GS Mobicom“ der Technischen Universität Ilmenau. Sie hat sich auf Netzwerkmanagement, insbesondere Multicast in verzögerungstoleranten Ad-hoc-Netzen, spezialisiert.*

## Motivation

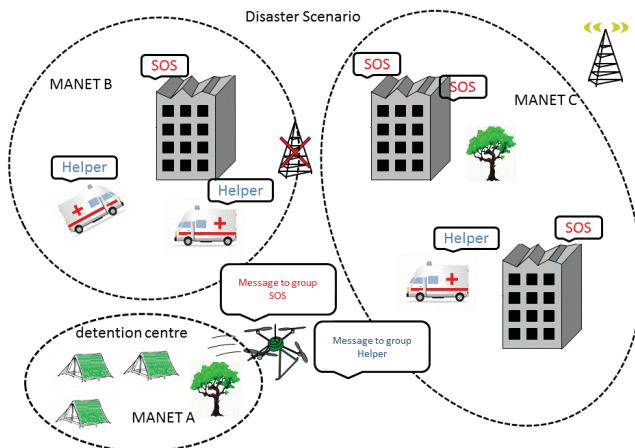


Abbildung 1: Katastrophenszenario Erdbeben

Die heutige Kommunikationstechnologie ermöglicht eine schnelle Hilfe in Katastrophenfällen, darunter zählen die mobilen Ad-hoc-Netze (MANETs). Sie können dort eingesetzt werden, wo die Infrastruktur teilweise oder vollständig zerstört ist. Durch die speziellen Eigenschaften, wie die sich ständig ändernde Topologie, die begrenzten Energieressourcen, die geringe und sich ständig ändernde Bandbreite sowie die gestiegenen Sicherheitsanforderungen, stellen Ad-hoc-Netze besondere Anforderungen an das Management. Oft liegen die MANETs in einem Katastrophengebiet räumlich voneinander getrennt. Das kann eine Verbindung untereinander erforderlich machen, die mit verzögerungstoleranten Netzen (Delay Tolerant Networks DTN) hergestellt werden.

In der Abbildung 1 wird ein typisches Katastrophenszenario dargestellt. Hier kann man erkennen, dass Managementnachrichten an einzelne Gruppen versendet werden. Beispielsweise könnte der Inhalt der Nachricht an die Gruppe SOS das Setzen des Gerätes in den Energiesparmodus sein. Eine weitere Anweisung an die Gruppe Helper könnte die Erhöhung der Priorisierung der von dieser Gruppe zu übermittelten Daten sein. Das setzt eine Multicastkommunikation voraus. Dabei ist zu gewährleisten, dass jedes Gruppenmitglied die Nachricht erhält. In der Abbildung 1 übernimmt ein Multicopter den Datentransport zwischen den verschiedenen mobilen Ad Hoc-Netzen.



## Multicast



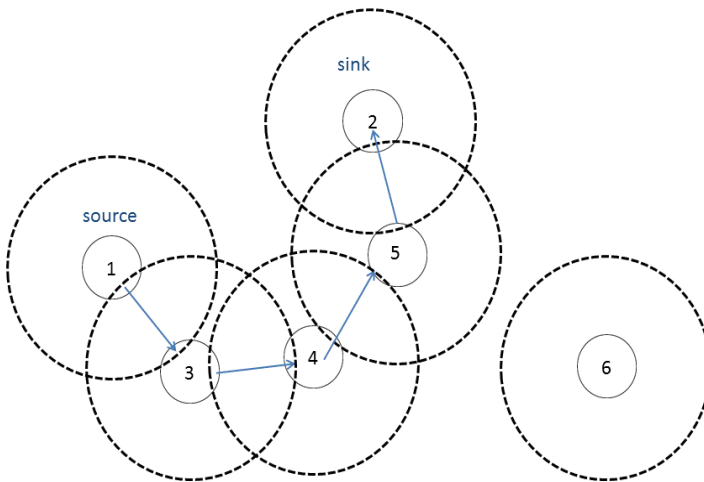
**Abbildung 2: Multicast**

Multicasting ist eine 1:n Kommunikation (Gruppenruf), d. h. ein Sender übermittelt Daten für eine bestimmte Gruppe, ohne dass dadurch die Bandbreite linear mit der Anzahl der Empfänger ansteigt. In der Abbildung 2 wird Multicast kurz dargestellt. Es gibt verschiedenen Anforderungen an die Multicast-Übertragung, das ist zum einem die unzuverlässige Übertragung (z. B. Audio- und Videoübertragung) und zum anderen die zuverlässige Übertragung (z. B. Anwendungen). Bei der zuverlässigen Multicast-Kommunikation ist die Existenz, Dynamik und Lebensdauer der Gruppen eine wichtige Voraussetzung.

## Mobiles Ad-hoc-Netz (MANET)

Ad-Hoc-Netzwerke sind Netze von mobilen Knoten, charakterisiert durch eine fehlende Infrastruktur und drahtlose Kommunikation. Diese Knoten

konfigurieren sich selbst. Zur Datenweiterleitung fungieren sie als Router. Diese Netzwerke kennzeichnen eine geringe Bandbreite und begrenzte Energie-Ressourcen. In Abbildung 3 ist zu erkennen, dass eine Nachricht vom Knoten 1 zu Knoten 2 nur über die Knoten 3,4 und 5 übertragen werden kann. Knoten 6 hat keine Verbindung zum MANET.



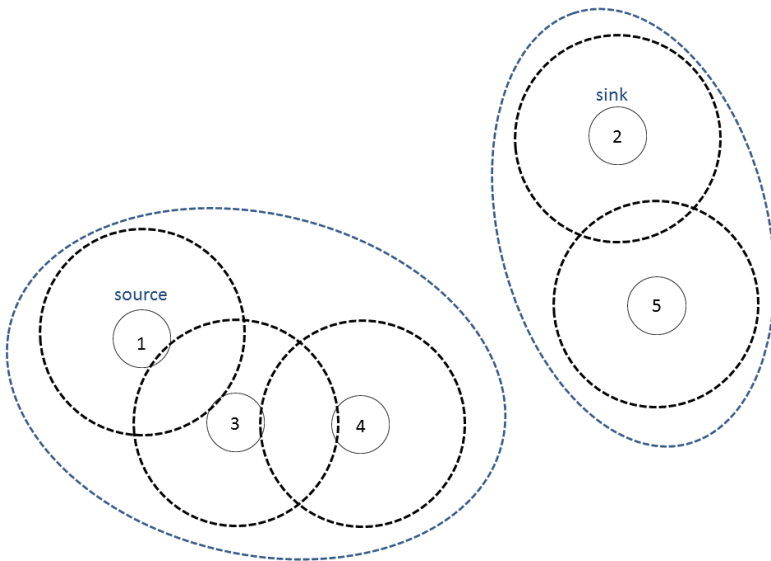
**Abbildung 3: Ad-hoc-Netze**

## Verzögerungstolerantes Netz (DTN)

Ein verzögerungstolerantes Netz ist für die Datenübertragung zwischen Knoten, welche nur selten zu erreichen sind, konzipiert. Die Daten werden in den Knoten zwischengespeichert mit der Hoffnung, dass diese vielleicht durch die Knotenbewegung in Richtung Ziel übertragen werden. Die Daten werden also gespeichert, transportiert und übermittelt. Im verzögerungs-toleranten Netz-

werk existiert normalerweise kein durchgängiger Pfad von Quelle zur Senke. Der Speicher, die Bandbreite sowie die Batteriekapazität sind eingeschränkt.

Die Abbildung 4 stellt ein verzögerungstolerantes Netzwerk dar. Der Knoten 1 möchte eine Nachricht an Knoten 2 senden. Eine direkte Verbindung vom Sender zum Empfänger kann nur durch Bewegung der einzelnen Knoten hergestellt werden. Es ist nicht abzuschätzen, wann die Nachricht an den 2 Knoten übermittelt wird.



**Abbildung 4: Delay-tolerantes Netzwerk**

## Netzmanagement

Netzwerkmanagement ist notwendig, um die Anforderungen (z. B. Sicherheit, schnelle Datenübertragung), die an ein Netzwerk gestellt werden, zu erfüllen. FCAPS sind die einzelnen Bereiche der ISO für das Netzwerkmanagement. FCAPS steht für die unterschiedlichen Aufgabenbereiche, in die die ISO Netzwerkmanagement aufteilt: Fault Management, Configuration Management,

Accounting Management, Performance Management, Security Management (Fehlermanagement, Konfigurationsmanagement, Abrechnungsmanagement, Leistungsmanagement, Sicherheitsmanagement). [1]

Die Managementaufgaben müssen auf die Besonderheiten von MANETs und DTNs angepasst werden. Das Zusammenspiel dieser zwei Netztypen stellt eine spezielle Herausforderung an das Netzwerkmanagement.

## **Multicast in verzögerungstoleranten Ad-hoc-Netzen**

In dieser Forschungsarbeit soll ein neuartiges Netzwerkmanagement-Protokoll entwickelt werden. Dieses Protokoll soll die Zusammenarbeit zwischen MANETs und DTNs verbessern, der Fokus soll dabei auf der Multicast-Kommunikation liegen. Die Management-Funktionen müssen dabei sicher und energieeffizient zur gleichen Zeit sein. Folgende Herausforderungen sind zu lösen:

- Welche Multicastgruppen existieren?
- Wie kann ich Mitglied einer Gruppe werden?
- Wie reduziere ich die benötigte Bandbreite?
- Welche Gruppenadressierung verwende ich?
- Wie realisiere ich die zuverlässige Zustellung?
- Wie spare ich Energie?

Einen guten Ansatz bietet das Current-Member Delivery Modell (CMD). [2] In diesem Modell wird spezifiziert, welche Knoten eines Ad-hoc-Netzes die Empfänger der Multicast-Gruppe zum Zustellungszeitpunkt sein sollen. Leider ist das für unsere Anforderungen nicht ausreichend. Die Nachricht sollte die durchschnittliche Anzahl der Gruppenmitglieder enthalten. Mit einem speziellen Algorithmus wird ein Zähler dekrementiert, ist dieser 0, wird die Nachricht nicht mehr weitergeleitet. Die durchschnittliche Gruppenmitgliedszahl kann in den einzelnen MANETs ermittelt werden.

Wurde eine Gruppennachricht in ein MANET eingespeist, darf bei weiterem Kontakt eines Netzmitgliedes die Nachricht nicht weiterverbreitet werden.

## **Zusammenfassung**

Durch die immer höheren Anforderungen an die Multicast Kommunikation in Verbindungen mit verschiedenen Netztypen gibt es noch viel zu tun, um eine zuverlässige Multicast-Übermittlung zu gewährleisten. Eine besondere Herausforderung ist die Zustellung der Gruppennachricht an alle Gruppenmitglieder, die sich eventuell in verschiedenen Netzen aufhalten und dabei die Netzressourcen zu schonen.

## **Literatur**

- [1] Wikipedia (2012): FCAPS. The free encyclopedia Wikipedia. Online verfügbar unter <http://en.wikipedia.org/wiki/FCAPS>.
- [2] W. Zhao, M. Ammer, and E. Zegura, "Multicasting in Delay Tolerant Networks: Semantic Models and Routing Algorithms," WDTN '05 Proceedings of the 2005ACM SIGCOMM workshop on Delay-tolerant networking, pp. 268-275, 2005.



# Kontextsensitiver Schutz öffentlicher Objekte

---

von Dr. Maik Debes

*Dr. Maik Debes studierte und promovierte an der Technischen Universität Ilmenau. Er arbeitet dort seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Kommunikationsnetze. Er hat sich auf Ad-hoc-Netze, kontextsensitive Dienste und Vermittlungstechniken spezialisiert.*

*Den weiterbildenden Studiengang Telekommunikationsmanager hat Herr Debes 2001 erfolgreich absolviert und seitdem administrativ unterstützt sowie als Dozent mitgestaltet. Er war von 2003 bis 2009 als Referent im Vorstand des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“ tätig.*

## Motivation (aus wissenschaftlicher Sicht)

Wie bereits 1991 von Mark Weiser [1] vorhergesagt, befinden wir uns mittlerweile tatsächlich im Zeitalter des ubiquitären Computings. (Vernetzte) Rechner umgeben uns in vielfältigster Ausprägung. Sie erfüllen dabei die unterschiedlichsten Aufgaben. Dies geschieht vor allem im Hintergrund, sodass sie als Geräte kaum oder gar nicht mehr wahrgenommen werden. Diese Entwicklung führte auch zu neuen Diensten. Durch die Nutzung von Kontextsensitivität können Dienste sogar automatisch, an einzelne Bedürfnisse angepasst, angeboten werden. Dieses Gebiet ist Schwerpunkt vielfältiger Forschungsarbeiten. Mit Hilfe von Sensoren und der Beobachtung der Umwelt können die aktuelle Situation für eine Entität (Person, System, ...) abgebildet, ausgewertet und Dienste entsprechend angeboten werden.

Bekannte Varianten sind bereits im World Wide Web zu finden, wo dies genutzt wird, um aus dem Verhalten des Nutzers (Verfolgung von Webseitenbesuchen, Bestellungen, ...) dessen Bedürfnisse zu ermitteln bzw. zu prognostizieren und ihm infolgedessen gezielt Produkte anzubieten. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist Amazon. Diese Idee der Nutzung von Kontextsensitivität fin-

det aber auch immer mehr in der „realen“ Welt Anwendung. Große Entwicklungssprünge sind diesbezüglich beispielsweise in der Hausautomatisierung zu finden. Auch hier wird versucht, ohne Eingreifen des Nutzers zu erkennen, was dieser möchte und darauf zu reagieren. Denkbar ist darüber hinaus aber auch die Möglichkeit, Kontextsensitivität auf Dienste anzuwenden, die nur indirekt auf den Nutzerkontext abzielen und sich vielmehr auf eine bestimmte Aufgabe bzw. ein bestimmtes Objekt bezieht.

Diesem Fokus widmet sich ein momentan in Planung befindliches Vorhaben des Fachgebietes Kommunikationsnetze. Dabei handelt es sich um ein ganzheitliches System zum Schutz und zur Überwachung einer Einrichtung. Hierzu soll ein Konzept entwickelt werden, das sowohl die Kontexterfassung als auch -beobachtung und -auswertung des Objektes umfasst. Änderungen des Kontextes müssen erkannt und ggf. Maßnahmen eingeleitet werden. Die Umsetzung ist in Zusammenarbeit mit den Firmen TOK-Projektverwaltung, EVG-Elektronik und dem Fachgebiet Datenbanken und Informationssysteme geplant.

## **Motivation (aus wirtschaftlicher Sicht)**

In Zeiten der „knappen Kassen“ steht auch der öffentlichen Hand immer weniger Geld für Dienstleistungen zur Verfügung. Deshalb ist ein Schutz der zu ihrer Erbringung bestehenden Infrastruktur unabdingbar. Ein häufiges Dilemma ist dabei, dass einerseits der öffentliche Zugang zu einzelnen Diensten gewährleistet werden soll/muss und andererseits gilt es jedoch, Vandalismus, Missbrauch oder fehlerhaftes Nutzerverhalten zu verhindern. Genau diese Ereignisse verursachen nämlich den Betreibern und in der Regel auch der Allgemeinheit Kosten in beträchtlicher Höhe. Dies gilt insbesondere auch für Standplätze von Recycling-Containern (Recyclingplätze). Eine einfache Lösung bestünde nun darin, diese Plätze mittels speziellen Personals überwachen zu lassen, was jedoch wiederum zu einem erhöhten Kostenaufwand führt. Deshalb soll diese Aufgabe zukünftig ein automatisiertes kontextsensitives System übernehmen, das verschiedene Ereignisse im Bereich des jeweiligen Recyclingplatzes nicht nur erkennt, sondern auch die richtigen Maßnahmen für eine geeignete Reaktion einleitet und dabei kosteneffizienter als eingestelltes Wachpersonal arbeitet.



Der Realisierung eines solchen Systems widmen sich die im vorigen Abschnitt genannten Partner aus Forschung und Industrie. Die folgenden Abschnitte stellen einige Ideen vor, die im Rahmen dieses Vorhabens umgesetzt werden sollen. Diese ersten Ansätze verfolgen vorrangig das Ziel, ein funktionsfähiges System, das modular aufgebaut und somit erweiterbar ist, zu realisieren.

## **Idee und Systemanforderungen**

Als Basis für einen Konzeptvorschlag wurden in einem ersten Schritt die wichtigsten Anforderungen, die das System erfüllen muss, zusammengetragen. Diese ergaben sich unter der Maßgabe, die bereits genannten Probleme, die an solchen Recyclingplätzen zu erwarten sind, zu vermeiden, zu verhindern bzw. zu lösen. Im Folgenden sind die wichtigsten dabei zu bewältigenden Herausforderungen aufgelistet:

- Vandalismus und Missbrauch: Verschmutzung, Zerstörung, Zweckentfremdung, Brand
- illegale Entsorgung möglicherweise auch gefährlicher Stoffe
- illegale Entnahme (z. B. Kleiderspende) und Diebstahl
- Schäden durch Wild-/Haustiere
- ggf. Unwetterschäden

Bevor auf solche Ereignisse reagiert werden kann, muss das System schon während des Beobachtungszeitraumes anhand verschiedenster Kontextinformationen ermitteln, ob es sich bei diesen Ereignissen um reguläre Vorfälle oder tatsächlich Probleme handelt. Nur im zweiten Fall wäre eine Reaktion überhaupt nötig. Dazu muss eine Kontexterkennung durchgeführt werden, die aus der Erfassung, Verarbeitung und Interpretation der Kontextinformationen besteht.

Ein Auszug der wichtigsten sich durch die Kontexterfassung ergebenden Anforderungen, die bei der Entwicklung des Systems zu berücksichtigen sind, werden im Folgenden kurz erläutert:

- Ereignisdetektion: Zuerst muss dafür gesorgt werden, dass Ereignisse erkannt und unterschieden werden. Dadurch können die vom System zu verarbeitenden Informationen reduziert und Energie eingespart werden, da das System nur bei relevanten Ereignissen voll leistungsbereit sein muss.

Unter anderem ist vom System zu unterscheiden, ob es sich um eine widerrechtliche Entsorgung oder Ablage von „Dingen“ handelt. Ebenso hat das System bei Sabotage und Vandalismus anzuschlagen. Auch das Erkennen von Einwirkungen durch Tiere (z. B. Waschbären) ist wünschenswert. Dazu muss zumindest eine Unterscheidung zwischen Mensch und Tier erfolgen. Daneben ist bei Ereignissen, die Menschen verursachen, ggf. eine Gesichtserkennung zu ermöglichen, sodass eine Täterermittlung vereinfacht wird. Eine Herausforderung wird hierbei die Anzahl und Positionierung der dazu notwendigen Kameras sein. Auch leistungsfähige Bilderkennungssoftware ist zur Realisierung notwendig. Die Kosten sind dabei natürlich immer mit zu berücksichtigen. Ein Falscheinwurf in die Container soll dagegen in der ersten Ausbaustufe des Systems noch nicht mit behandelt werden.

Die Erfassung der Kontextinformationen wird hauptsächlich über Sensoren (Temperatur, Bewegung, Druck, Mikrofon etc.), Kameras, ggf. Lichtschranken usw. erfolgen.

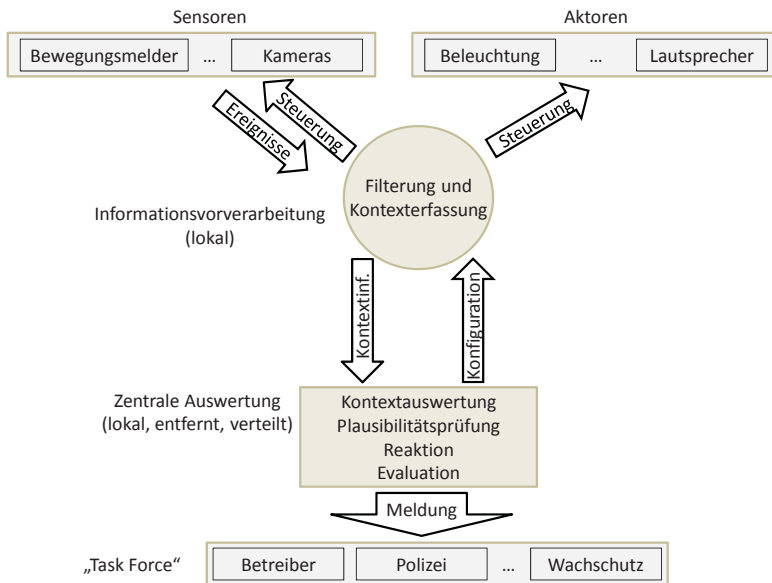
- Kennzeichenerkennung/Fahrzeugerkennung: Da davon auszugehen ist, dass ein Teil von potentiellen Tätern ihre illegale Müllentsorgung mit Hilfe von Kfz vornimmt, ist über eine Kennzeichen- und/oder Fahrzeugerkennung nachzudenken.
- Nachtsichtfähigkeit: Insbesondere auch Nachts muss Ereigniserkennung möglich sein. Hier können infrarotfähige Kameras helfen. Weitere Möglichkeiten bietet eine Lichtsteuerung. In diesem Fall könnten möglicherweise sogar potentielle Täter abgeschreckt werden und infrarotfähiges Equipment wäre verzichtbar.
- Reaktion/Meldung: Ein wesentlicher Aspekt des Systems betrifft die Entscheidung für eine geeigneten Reaktion auf das jeweilige Ereignis. Grundvoraussetzung für eine richtige Entscheidung ist eine Plausibilitätsüberprüfung. Widersprüche müssen aufgelöst werden. Der Über-

prüfungsprozess und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen und Reaktionen sind zu verifizieren. Ergebnisse dieser Verifikation sollten dann wiederum als entscheidungsbeeinflussende Informationen zukünftiger Plausibilitätsüberprüfungen dienen. Das System würde damit gewissermaßen lernfähig.

Bei den einzuplanenden Aktionen als Folge bestimmter Reaktionen sollten auch Maßnahmen zur Selbstsicherung berücksichtigt werden. Zu untersuchen wären hier vor allem die Möglichkeiten zur Verhinderung solcher Ereignisse. Dazu können auch Abschreckungsmaßnahmen beispielsweise über den Einsatz von akustischen Mitteln (Töne, Ansagen über Lautsprecher) dienen.

Mit der Interpretation eines Ereignisses erfolgt auch eine Entscheidung darüber, ob eine Reaktion lediglich lokal erfolgen soll oder eine Meldung an potentielle „Helfer“ (Betreiber, Eigentümer, Polizei, Wachschutz, Feuerwehr usw.) weitergeleitet wird.

- **Energieversorgung:** Diese Thematik wird zwar vorerst nicht Schwerpunkt des Projektes bilden. Allerdings müssen perspektivisch Lösungen gefunden werden, sodass die Energieversorgung mit einer nahezu 100%igen Verfügbarkeit gewährleistet werden kann. Dazu wird zumindest auch eine Notstromversorgung in Betracht zu ziehen sein.
- **Management:** Es ist vorgesehen, die Steuerung und Parametrisierung von „außen“ durchzuführen. Dazu sollen verschiedene Kommunikationswege unter Berücksichtigung von verschiedenen Kriterien wie Kosten, Robustheit, nutzbarer Bitrate, Sicherheit usw. vorgehalten werden. Darüber hinaus wird ein entscheidender Faktor für die einzusetzende Kommunikationstechnologie der jeweilige Einsatzort des Systems sein. Es ist im Einzelnen zu klären, inwieweit auf bereits bestehende Infrastruktur (Festnetzanbindung, DSL, WLAN, Mobilfunknetze) aufgesetzt werden kann. Diesbezüglich ist eine modulare Gestaltung des Systems unumgänglich. Nur so kann für dessen Standortwahl ein höchstmögliches Maß an Flexibilität bei minimalem Kostenaufwand geschaffen werden.



**Abbildung 1: Überblick über die Systemkommunikation**

Neben der Zusammenstellung der Anforderungsliste wird gegenwärtig noch diskutiert, wie die Datensammlung und -auswertung vorzunehmen ist. Je nach Anzahl und Art der Sensoren kann die Menge der Informationen eine enorme Größe annehmen. Einen ersten Eindruck der Komplexität der Kommunikationsvorgänge liefert Abbildung 1. Vorerst soll die Datenverarbeitung noch zentral am Einsatzort des Systems erfolgen. Für spätere Ausbaustufen ist aber auch ein verteiltes Management denkbar. Auf jeden Fall sind auch hier Kriterien wie Kosten, Einfluss von Störungen, verfügbare Technik usw. zu berücksichtigen. Beide Varianten (zentral, verteilt) gelten mit ihren Vor- und trotz ihrer Nachteile als vielversprechend und stellen eine große Herausforderung für die zukünftige Forschungsarbeit dar.

## **Zusammenfassung**

Das in diesem Artikel vorgestellte System für die Überwachung und den Schutz eines Recyclingplatzes befindet sich noch in der „Vorprojektphase“. Deshalb konnten hier zunächst einmal nur erste Ansätze und Ideen vorgestellt werden. Diese befinden sich noch in der Konkretisierungsphase, in der noch eine ganze Reihe von Fragen geklärt werden müssen, und erscheinen deshalb im Text möglicherweise nicht als vollständig durchdacht. Darunter fällt z.B. auch die Problematik des Datenschutzes.

Das System selbst kann durch die vorgesehene Modularisierung aber bereits jetzt schon als sehr flexibel betrachtet werden. Zum einen soll es dadurch beliebig erweiterbar und zum anderen an die Bedürfnisse des Betreibers (gewünschte Dienste) sowie an den Standort unter Berücksichtigung der bzw. in Abstimmung mit den Kosten (Investitions-, Betriebskosten) anpassbar werden. Die ganzheitliche Vollendung des in diesem Artikel beschriebenen Systems käme bei entsprechendem Ausbau der Kontextsensitivität einer so genannten „eierlegenden Wollmilchsau“ gleich, d. h. alle Eventualitäten und Ereignisse würden (richtig) interpretiert und entsprechend (automatisch) behandelt werden. Zwar würden heutige Technologien, Sensoren und die Leistungsfähigkeit der Rechentechnik es zulassen, diesem Ideal schon sehr nahe zu kommen. Allerdings steckten hinter einem solchen System ein enormer Entwicklungsaufwand und eine sehr große Komplexität, sodass eine Realisierung nur Schritt für Schritt vorgenommen werden kann. Genaugenommen handelt es sich dabei um einen Prozess, der aufgrund der Informationsvielfalt und -dynamik einer stetigen Weiterentwicklung unterliegt.

Die hier vorgestellte Idee soll im Rahmen eines zukünftigen Projektes umgesetzt werden. Dabei ist zwischen zwei Dingen zu unterscheiden. Natürlich handelt es sich bei dem hier vorgestellten System schon um eine konkrete Realisierung bzw. einen speziellen Einsatzfall (ganzheitliche Überwachung eines Recyclingplatzes). Die modulare Gestaltung der Funktionseinheiten und die kontextsensitiven Fähigkeiten lassen aber auch eine generische Betrachtungsweise auf das System zu. Somit das System auch eine Basis für ein breites Spektrum zukünftiger Einsatzmöglichkeiten dar.

## **Literatur**

- [1] Weiser, M.: The Computer for the 21st Century. In: Scientific American, September 1991, S. 94—104

# Dienstgüte in der Kommunikationstechnik am Beispiel von Ethernet-Netzwerken

---

von Markus Hager

*Nach dem Studienabschluss an der TU Ilmenau arbeitete Markus Hager als wissenschaftlicher Mitarbeiter zunächst am Forschungsprojekt "Smart Home Services". Als zentraler Aspekt stand hier die Realisierung einer praxisnahen Lösung im Vordergrund, welche Dienstgüte für Ethernet-Netzwerke bereitstellen sollte. Diese Ideen werden aktuell im Rahmen des PORT-Forschungsprojekts auf den Automotiv-Sektor übertragen und weiterentwickelt.*

## Kommunikation und Dienstgüte

Seit Langem ist das Anliegen der Übermittlung von Informationen über eine räumliche Distanz hinweg von besonderem Interesse gewesen. Angefangen mit Rauchzeichen, Signaltürmen und berittenen Boten, hat mit Beginn der Industrialisierung der Bedarf wegen der einfacheren Verfügbarkeit und höheren Zuverlässigkeit sowie aufgrund der auf lange Sicht stetig gesunkenen Kosten, an der Möglichkeit zur Telekommunikation, stetig zugenommen. Heute stehen hier an technischer Stelle die weitestgehend flächendeckenden Mobilfunknetze und das Internet als zentrales Netzwerk an der Spitze. Allerdings ergeben sich aufgrund des hohen Datenverkehrs und der meist heterogenen Struktur der Netzwerke auch besondere Herausforderungen.

Die bereits angesprochenen Aspekte, mit deren Hilfe man eine Kommunikationsverbindung genauer spezifizieren kann, wie Verfügbarkeit oder Zuverlässigkeit, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Diese und weitere Klassifizierungsmerkmale werden unter dem Begriff der Dienstgüte zusammengefasst. Dabei wird je nach dem ein Teil einer Netzwerkverbindung, die komplette Kommunikationsstrecke, das Netz im statistischen Mittel oder auch nur eine technische Instanz des Netzes genauer spezifiziert, wobei gesagt werden muss, dass der Begriff Dienstgüte (engl.: Quality of Service) in verschiedenen Veröf-

fentlichungen auch abweichend davon und gegebenenfalls spezifischer definiert wird.

Alle folgenden Betrachtungen sollen im Hinblick auf digitale Netze erfolgen, des Weiteren gelten alle Aspekte im Hinblick auf speichervermittelnde Systeme, da bei leitungsvermittelnden Kommunikationsarchitekturen die Dienstgüte in der Regel recht einfach gewährleistet werden kann, sofern das Netzwerk entsprechend den Anforderungen geplant wurde. Die Maßnahmen, um Dienstgüte für ein speichervermittelndes Netzwerk zu gewährleisten, lassen sich grob in zwei Mechanismen einteilen: Differentiated Services (DiffServ) und Integrated Services (IntServ).

Der IntServ-Mechanismus baut vor dem eigentlichen Datenaustausch zum Ziel eine Verbindung auf und reserviert dabei auf den Vermittlungsstationen die nötigen Ressourcen. Sofern alle beteiligten Stationen eine positive Rückmeldung liefern, können so relativ einfach bestimmte Dienstgüteparameter für die Kommunikation garantiert werden.

Beim DiffServ-Ansatz werden alle Datenpakete mit einer Zahl versehen, die die individuelle Priorität des Pakets oder dessen Dienstgütekategorie angibt. Damit können von den Vermittlungsstationen diese Pakete bevorzugt gegenüber anderen behandelt werden, so dass beispielsweise eine höhere Datenrate oder geringere Latenzzeit gewährleistet wird.

Beide Strategien haben aber auch entscheidende Nachteile, so ist etwa bei DiffServ nur eine relative Unterscheidung der Datenpakete untereinander möglich. Eine gewünschte Datenrate oder ähnliches kann damit nicht umgesetzt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Differenzierung immer lokal und isoliert auf jeder Vermittlungsinstanz getroffen wird. Eine Signalisierung der einzelnen Stationen untereinander ist nicht Bestandteil dieser Strategie, wäre aber für die Bereitstellung von Dienstgüte für eine Ende-zu-Ende-Verbindung unerlässlich. In großen heterogenen Netzen kommt zusätzlich die Übersetzungsproblematik hinzu. Damit ist gemeint, dass etwa beim Übergang zwischen zwei verschiedenen Netzwerken gegebenenfalls auch diese Prioritätsklasse entsprechend der Interpretationen der beiden Netzwerke angepasst werden muss, um eine sinngemäß konsistente Handhabung der Pakete zu garantieren (Mapping-Problem). Da hier unter Umständen nicht immer eine eindeutige Zuordnung möglich ist, wird dadurch die Problematik der relati-



ven Behandlung der Datenpakete mitunter verschärft. IntServ löst diese Probleme nur bedingt. Zwar werden hier auf den Vermittlungsstationen die entsprechenden Dienstgüteparameter zugesichert, allerdings fehlt ein übergeordnetes Management. Denn sofern eine Reservierung nicht wie gewünscht erfolgen kann, bleibt die Frage nach den Ursachen und möglichen Lösungen offen. Auch wird der IntServ-Ansatz nicht von allen Netzwerken unterstützt, so etwa beim klassischen Switched-Ethernet. Für eine detailliertere Betrachtung dieser grundlegenden Problematik der Bereitstellung von Dienstgüte soll hier stellvertretend für viele weitere Arbeiten auf [1] und insbesondere [2] verwiesen werden.

## **Strategien für die Integration von Dienstgüte**

Die weiterhin offene Frage, welche auch in vielen aktuellen Forschungsarbeiten diskutiert wird, ist, wie Dienstgüte für heute typische Szenarien umgesetzt werden soll. Ein Grundproblem ergibt sich aufgrund der heterogenen Struktur der Netzwerke untereinander, da eine Verbindung etwa ausgehend von einem Ethernet-Netzwerk über eine UMTS-Verbindung zum Internet aufgebaut wird und anschließend über eine WLAN-Strecke erst den Empfänger erreicht. Dabei ist zu beachten, dass das Internet selbst wiederum als eine Verknüpfung mehrerer autonomer Netzwerke zu betrachten ist. Dies führt insbesondere zum angesprochenen Mapping-Problem, unabhängig davon, ob IntServ oder DiffServ bzw. eine Kombination von beiden Verwendung findet. Eine interessante Lösung für diese Herausforderung stellt die sogenannte „Forwarding on Gates“ [3] Strategie dar. Durch eine rekursive homogene Schnittstellenrepräsentation der einzelnen Netze, wird das Mapping-Problem gelöst. Allerdings stellt sich weiterhin die Frage, wie in jeder Schicht die nötigen Strategien für die Integration von Dienstgüte umzusetzen wären. Vertretungsweise für viele andere Technologien, soll diese Diskussion im Folgenden anhand von Switched-Ethernet-Netzwerken erfolgen.

## **Ethernet**

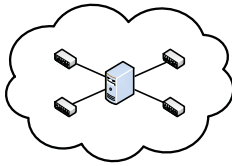
Das typische Ethernet-Netzwerk besteht aus den obligatorischen Endsystemen, welche über einen oder mehrere Switches miteinander verbunden sind.

Jeder Switch lernt dabei, über welchen Port er welches Endsystem erreichen kann und speichert diese Zuordnung in einer Tabelle ab. Bei einem ankommenden Datenpaket wird die Zieladresse in dieser Tabelle gesucht und anschließend über den ermittelten Port weitergesendet. Dabei werden die Pakete gegebenenfalls in einer Warteschlange zwischengespeichert, sofern gerade ein anderes Paket auf dieser Leitung übertragen wird. Bei der Abarbeitung dieser Warteschlange kann in der Regel auch ein mehr oder weniger komplexes Bedienverfahren angewendet werden, so dass die Idee von DiffServ umgesetzt werden kann.

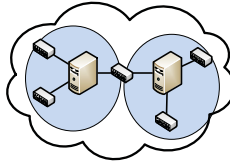
Diese Idee wurde im Rahmen der IEEE Audio/Video-Bridging Task Group entsprechend des IntServ- Mechanismus erweitert, wobei die zu diesem Standard kompatiblen Vermittlungsstationen nun entsprechend AVB-Switch genannt werden. Das bereits angesprochene Problem, dass die so gemachten Reservierungen auch verwaltet werden müssten, wurde dabei allerdings nicht angegangen. Um die somit verbleibende Problematik zu lösen, wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts eine Lösung entwickelt [4], welche den Zugriff auf das Ethernet-Netzwerk basierend auf Dienstgüteklassen entsprechend regelt. Dabei wird die Netzwerktopologie und der zugehörige Datenverkehr im Netzwerk von einem zentralen Kontrollserver überwacht und der Netzwerkzugriff der Endstationen gemäß der Auswertung entsprechend adaptiv geregelt. Diese Lösung basierend auf einer zentralen Kontrollinstanz ist natürlich immer möglich, sofern diese das globale Wissen hat. Nachteilig sind dabei die Adaptionsverzögerung, der mögliche Ausfall dieser Regelungsinstanz und die schlechte Skalierbarkeit für große Netzwerke zu nennen.

## **Verteilte Ansätze**

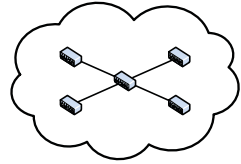
Um diese Probleme zu umgehen, sind entsprechende verteilte Ansätze zu wählen. Die hierzu prinzipiell möglichen Optionen sind im folgenden Bild zusammengestellt, wobei die eigentlichen Endsysteme im Netzwerk nicht dargestellt sind, um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewähren:



Variante A: zentrale Verwaltung



Variante B: gruppierte Verwaltung

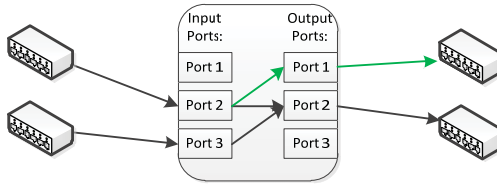


Variante C: völlig verteilte Verwaltung

### Abbildung 1: Strategien für ein Netzwerkmanagement

Variante A illustriert den bereits erwähnten Ansatz [4], wobei die dort erzielten Lösungen auch genutzt werden können, um Variante B zu realisieren. Hierbei wird das Netzwerk nicht von einer einzigen Station gemanagt, sondern das Netzwerk wird in mehrere Teile gegliedert, wobei jedes Fragment von einer Station verwaltet wird. Damit wird das Skalierungsproblem entschärft, da einerseits nun deutlich kleiner Strukturen verwaltet werden müssen und andererseits daneben nur die Abstimmung mit den direkten Nachbarregionen erfolgen muss, sofern ein Verbindung über mehrere Regionen hinweg erfolgen soll. Trotz dieser Vorteile, bleibt natürlich die elementare Problematik, die entsteht, wenn eine dieser Verwaltungsstationen ausfallen sollte, da ja unabhängig davon das Netzwerk weiterhin funktionieren würde, aber nicht mehr gemäß der Dienstgüte organisiert werden kann. Variante C löst diesen Aspekt, indem hier die Managementserver entfallen und die entsprechende Organisation des Netzwerks direkt von den Vermittlungsstationen übernommen wird. Obwohl dies somit wohl der eleganteste Weg ist, stellt sich hier die Frage, wie durch den lokalen Blick jeder einzelnen Einheit die Anforderungen an das gesamte Netzwerk umgesetzt werden können.

Ein klassischer Ansatz, welcher Variante C zuzuordnen ist, ist der PAUSE-Mechanismus. Dabei sendet eine Vermittlungsstation, sofern sie nicht genügend Ressourcen zur Verfügung hat, um die ankommenden Datenpakete weiterzuleiten, ein PAUSE-Signal an die vorgeschalteten Geräte. Diese unterbrechen daraufhin das Senden von weiteren Paketen und ermöglichen somit die Abarbeitung des Engpasses. Die dadurch entstehende Problematik verdeutlicht folgendes Bild:



**Abbildung 2: Beispiel zur PAUSE-Signalisierung**

In der Mitte ist ein Switch dargestellt, welcher sich in einem größeren Netzwerk befinden soll. Wir nehmen nun an, dass der Datenverkehr, der auf den Output Port 2 gesendet werden soll, einen Engpass verursacht. Je nach Implementierung wird dann an alle Vorgänger-Stationen oder nur an die, welche auf Output Port 2 vermittelt werden, das PAUSE-Signal übermittelt. Allerdings wird selbst bei der selektiveren Strategie ebenso der grüne Datenstrom vom linken oberen Switch mit dem PAUSE-Signal unterbrochen, obwohl dieser keinen Stau verursacht! Denkt man sich diese einfache Strategie über weitere Ebenen fort, wird die Problematik, den Verursacher gezielt mit dem PAUSE-Signal zu erreichen, sogar noch schlimmer. Dies verdeutlicht, dass zwar mit einfachen Ideen verteilte Algorithmen umgesetzt werden können, aber diese in komplexen Strukturen mitunter auch ungeahnte Probleme verursachen können.

## Weiterführende Forschungsarbeit

Eine verfeinerte Variante dieser Stausignalisierung stellt der IEEE 802.1Qau-Standard dar, welcher seit 2010 abgeschlossen ist. Dieser sollte prinzipbedingt das obige Problem lösen können, da die Signalisierung so verfeinert wurde, dass die tatsächlich verursachende Endstation angesprochen werden kann. Allerdings fehlt die Definition der Schnittstelle zur Anwendung bzw. zum Betriebssystem, um entsprechend auf dieses Signal reagieren zu können. Des Weiteren sind aktuell kaum Evaluierungen zu finden, die eine quantitative Beurteilung dieser Strategie ermöglichen.

Eine weitere Eigenart von Ethernet-Netzwerken ist, dass aufgrund der sehr einfachen Vermittlungsstrategie ein kreisfreies Netzwerk vorausgesetzt werden muss, um unnötige Paketduplikate bzw. das Kreisen von Datenpaketen

zu vermeiden. Dies wird durch die sogenannten „Spanning-Tree-Protocols“ gewährleistet, wobei eventuell vorhandene Kreispfade gezielt deaktiviert werden, so dass eine eindeutige Baumstruktur entsteht. Allerdings sind redundante Pfade in einem Netzwerk auch immer eine Option, um gezielt die Leistungsfähigkeit und/oder die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Der RFC 6324 TRILL „Transparent Interconnection of Lots of Links“ greift diese Problematik auf. Ziel ist es, ähnliche Mechanismen, die auch bei Routern verwendet werden, auf das Ethernet zu übertragen, so dass sich die Switches, welche gemäß dieser Idee RBridge (Routing Bridge) genannt werden, redundanter Pfade zu einem Ziel bewusst sind und konstruktiv nutzen können. Auch wenn es das primäre Ziel dieser Idee ist, insbesondere bei großen Netzwerken die Performance zu erhöhen, sollten diese Ideen auch so verwendet werden können, um bereits bekannte Dienstgütestrategien von Routernetzen auch auf Ethernet übertragen zu können. Insbesondere in Kombination mit der Stausignalisierung sollten sich hier interessante Möglichkeiten eröffnen. Die genauere Konzeptionierung, Implementierung und Evaluierung dieser Optionen sind Bestandteil der zukünftigen Forschungsarbeit. Dabei soll der Fokus nicht nur auf große Netzwerke liegen, sondern auch aufgrund der zunehmenden Bedeutung von Ethernet im Automobilbereich, auch bei kleineren Netzwerken. Neben diesen netzinternen Aspekten gilt es auch zu untersuchen, wie die nötigen Dienstgüteklassen und deren Parameter gegebenenfalls automatisch im Netz ausgehandelt werden können und wie konform zur „Forwarding on Gates“-Idee die Schnittstelle zu höheren Schichten gestaltet werden muss.

## Literatur

- [1] J. Seitz, M. Debes, M. Heubach, R. Tosse: *Digitale Sprach- und Datenkommunikation. Netze – Protokolle – Vermittlung*. München, Wien, 2007. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. ISBN 3- 446-22979-5.
- [2] X. Xipeng, L.M. Ni: *Internet QoS: a big picture*. IEEE Network Journal Volume 13, March/April 1999
- [3] M. Marchese: *QoS over Heterogeneous Networks*, England, 2007, Wiley Online Library, ISBN 978-0-470-01752-4
- [4] F. Liers, T. Volkert, A. Mitschele-Thiel: *Scalable Network Support for Application Requirements with Forwarding on Gates*, 11. Workshop on IP, Würzburg, 20011
- [5] M. Hager, P. Begerow, P. Krasovsky, K. Renhak, J. Seitz: *Quality of Service Concept for Smart Home Services*, 4. International Conference on Ubiquitous and Future Networks, IEEE Communication Society, July 2012

# Peer-to-Peer-Kommunikation für Rechnergestütztes Gruppenlernen

---

von *Mais Hasan*

*Mais Hasan schloss ihr Studium der Elektrotechnik als Diplomingenieurin im Jahr 2002 an der Tisbrin Universität in Syrien ab. Sie arbeitete danach zwei Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Fakultät für Elektrotechnik in der oben genannten Universität. Seit 2006 ist sie Doktorandin an der TU Ilmenau im Fachgebiet Kommunikationsnetze der Fakultät Elektrotechnik im Bereich der P2P-Netzwerke. Das Promotionsthema geht um die Implementierung eines P2P-Systems, das für das rechnergestützte Lernen in Gruppen einsetzbar ist.*

## Motivation

Rechnergestütztes Gruppenlernen bezeichnet den Einsatz von Informatiksystemen (vernetzte Computer und Software) zur Unterstützung des gemeinsamen Lernens. Lernen ist eine Form der Zusammenarbeit geworden und basiert nicht nur auf den herkömmlichen Unterrichtsstunden und Büchern als Wissensquelle sondern auch zu einem großem Teil auf Kommunikations- und Kollaborationstechnologien [1]. Seit der Erfindung des Internets haben Wissenschaftler und Pädagogen dies im Lernprozess in den Schulen und Universitäten verwendet, um den Lernenden das Wissen in wirksamer Art und Weise beizubringen. Demzufolge hat sich das rechnergestützte Gruppenlernen verbreitet und weiterhin wurden viele unterstützende Werkzeuge und Anwendungen entwickelt [2]. Diese Anwendungen ergänzen den Lernprozess durch viele Systeme, so genannte Groupware (z.B. Collanos Software) [3] und mehrere virtuelle Lernumgebungen (z.B. Studywiz) [4], welche auf dem Client-Server Modell basieren, wo die Gefahr der Überlastung des Servers besteht, der somit als „Single Point of Failure“ anzusehen ist. Darüber hinaus fokussiert diese Arbeit auf das PeCoCC Framework, welches die Peer-to-Peer Kommunikationen für rechnergestütztes Gruppenlernen ermöglichen soll.

## Struktur des PeCoCC Framework

Das **PeCoCC Framework** unterstützt zwei wichtige Konzepte: Zum einen integriert es Anwendungen aus dem Bereich des rechnergestützten Gruppenlernens, welche für gemeinsames Lernen effizient verwendet werden können, und zum anderen soll die Kommunikation dieses Frameworks auf serverlosen Peer-to-Peer (P2P) - Technologien basieren [5]. Das **PeCoCC Framework** hat die im Folgenden erläuterte Schichtstruktur (siehe Abbildung 1).

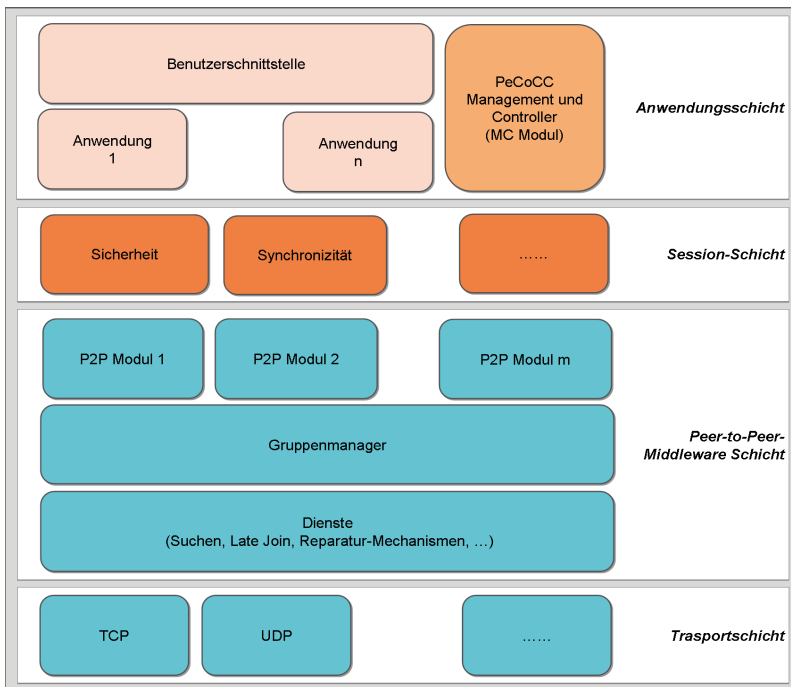


Abbildung 1: Schichtstruktur des PeCoCC Frameworks



## Die Anwendungsschicht

Die erste Schicht ist die Anwendungsschicht, welche aus drei Teilen besteht:

- a) Nachdem viele verschiedene Groupware-Systeme und virtuelle Lernumgebungen erforscht wurden, zeigen die Ergebnisse, dass die meisten dieser Lernsysteme Kollaborations- und Koordinationsanwendungen unterstützen, um den Lernprozess effektiv zu führen. Bezüglich dieser Ergebnisse werden Kollaborationsanwendungen, wie ein verteilter Texteditor, Chatten oder File-Sharing-Anwendungen, sowie Koordinationsanwendungen wie ein gemeinsamer Kalender durch das **PeCoCC Framework** unterstützt.
- b) Die *Benutzerschnittstelle* ist mit den Anwendungen des rechnergestützten Gruppenlernens verbunden und dient der Interaktion zwischen dem Benutzer und dem Programm.
- c) Ein weiterer wichtiger Teil der Anwendungsschicht ist das *PeCoCC Management- und Controller-Modul (MC Modul)*, welches für die Steuerung des Datenflusses durch das **PeCoCC Framework** sowie des Arbeitsflusses zwischen den Benutzern verantwortlich ist. Das **MC Modul** beeinflusst auch die Benutzerschnittstelle und führt eine Liste der Benutzer und deren von der jeweiligen Anwendung anhängigen Rollen und Priorität. Der Benutzer soll durch das **MC Modul** identifiziert werden, um das System nutzen zu dürfen. Welche Rolle und Rechte der Benutzer hat, ist in Tabellen verwaltet und im **MC Modul** gespeichert. Eine Tabelle wird für jede Anwendung definiert. Falls alle Benutzer die gleichen Rechte haben, wird ein Mechanismus verwendet, welcher die Registrierungsreihenfolge der Benutzer oder die alphabetische Reihenfolge ihrer Identifikationen oder Namen berücksichtigt.

## Die Sessionschicht

Die Sessionschicht bietet allgemeine Mechanismen, welche die Anwendungen des rechnergestützten Gruppenlernens und das **PeCoCC Framework** benötigen, um sicher und effektiv zu funktionieren. Derzeit wurde auf zwei Mechanismen konzentriert. Der *Sicherheitsmechanismus* ist verantwortlich für die Sicherung der Daten und der P2P-Verbindungen. Der andere Mechanismus ist der *Synchronizitätsmechanismus*, der die verschiedenen Mitglieder einer Lern-

gruppe synchronisiert und für Echtzeitanwendungen nützlich ist. Weiter Mechanismen können bei Bedarf in diese Schicht integriert werden.

### Die Peer-to-Peer-Middleware – Schicht

Das **PeCoCC Framework** ermöglicht die Nutzung verschiedener serverloser P2P-Technologien. Aufgrund der Anforderungen der von **PeCoCC Framework** unterstützten Anwendungen wurden die passenden P2P-Technologien erforscht und untersucht. Im **PeCoCC Framework** werden zwei serverlose P2P-Technologien angeboten.

Das Content Addressable Network (kurz **CAN**) basiert auf einem verteilten Hash-Tabellen-Algorithmus. **CAN** unterstützt die effiziente Verteilung von Dokumenten und Lernmaterialien und bietet dabei hohe Skalierbarkeit und Zuverlässigkeit. **CAN** berücksichtigt das zugrunde liegende Netz nicht, deshalb ist der **CAN**-Algorithmus nicht für Echtzeit-Anwendungen (z. B. Chat-ten) geeignet.

Der andere P2P-Algorithmus ist **PASTRY**, welcher die zugrunde liegende Netztopologie berücksichtigt. **PASTRY** unterstützt skalierbare und verteilte Dienste zur Object Location und zum Object Routing in der Anwendungsschicht und bietet P2P-Dienste auf dieser Ebene, welche für Echtzeitanwendungen von großer Bedeutung sind.

Jede P2P-Technologie wird in ein P2P-Modul gekapselt, welches so deren Funktionen anbietet. Weitere P2P-Technologien können bei Bedarf in das **PeCoCC Framework** integriert werden.

Des Weiteren enthält diese Schicht den Gruppenmanager, der für die Bildung und Steuerung der Lerngruppe verantwortlich ist. Der Gruppenmanager wird von vielen Dienste wie z. B. Such-, Late Join-, und Reparaturmechanismen unterstützt.

### Die Transportschicht

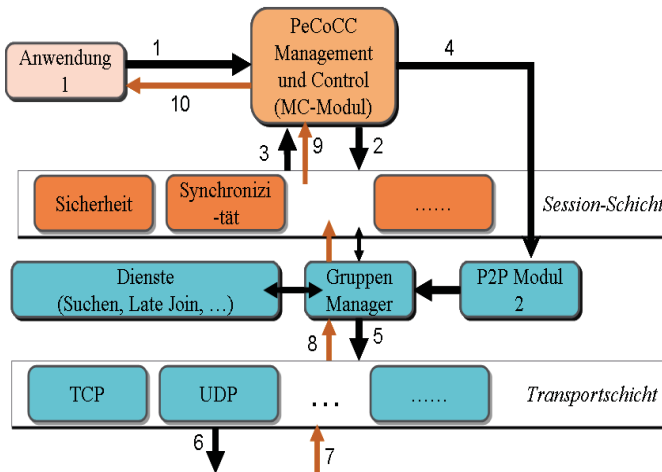
Die Transportschicht bietet Zugang zu verschiedenen häufig verwendeten Übertragungsprotokollen, welche gemäß den Anforderungen der von **PeCoCC Framework** unterstützten Anwendungen ausgewählt werden.

## Die Funktion des Frameworks

Im Folgenden wird die Funktion des gesamten **PeCoCC Frameworks** erklärt (siehe Abbildung 2).

Wenn ein Benutzer eine der verfügbaren Anwendungen startet (1), wird das **MC Modul** aktiviert und sendet eine Nachricht über die geöffnete Anwendung an die Sessionschicht (2).

Die Sessionschicht entscheidet dann aufgrund der geöffneten Anwendung, welches P2P-Modul für diese Anwendung am besten geeignet ist, und informieren darüber das **MC Modul** (3). Zum Beispiel wird das P2P-Modul 2 (PASTRY) aufgerufen, falls die Anwendung 1 (der verteilte Texteditor) geöffnet wird.



**Abbildung 2: Die Funktion des PeCoCC Frameworks**

Das **MC Modul** ruft dann die gespeicherte Liste der möglichen Anwendungsteilnehmer ab und sendet eine Nachricht an die P2P-Middleware-Schicht, um das entsprechende P2P-Modul zu aktivieren (4).

In der P2P-Middleware-Schicht startet das ausgewählte P2P-Modul (PASTRY im Fall des verteilten Texteditors) die Verbindung und durch den Gruppen-

manager wird geprüft, ob das P2P-Netzwerk bereits aufgebaut wurde oder nicht (5). Dafür sendet der Gruppenmanager eine Abfrage (Discovery Message) über die Transportschicht in das Netzwerk (6).

Wenn der Gruppenmanager eine positive Antwort enthält, wird das System in der vorliegenden Gruppe teilnehmen und die Kennungen der anderen beteiligten Benutzer sowie die relevanten Informationen der aktuellen Sitzung abrufen (7)(8). Diese Informationen werden an das **MC Modul** weitergeleitet (9).

Das **MC Modul** gibt aufgrund der gespeicherten Prioritätstabellen jedem Teilnehmer seine Rechte in der laufenden Sitzung an und adaptiert die Benutzerschnittstelle entsprechend (10). Die Rolle des Teilnehmers wird in Form von aktiven oder inaktiven Interaktionsmöglichkeiten in seiner Schnittstelle angezeigt [5].

## Aktuelle Stand der Arbeit

Die Arbeit befindet sich in der Implementierungsphase. Die verfügbare **PASTRY** Software wurde erforscht. Das ganze Framework soll mit Hilfe des P2P-Simulators (**Peer-factSim.KOM**), welcher die Simulationen mehrerer P2P Technologien bietet, programmiert und getestet werden. Der **PeerfactSim.KOM** Simulator ist ein Event-basierter P2P-Simulator, der in Java geschrieben ist. Der Simulator wurde im Multimedia Communication Lab KOM der Technischen Universität Darmstadt entwickelt. Weiterhin ist dessen Software online verfügbar und offen für weitere Entwicklungen [6]. Der Texteditor soll in die Simulatorsoftware integriert werden und über die vom **PeerfactSim.KOM** Simulator bereitgestellte **PASTRY** Software verteilt werden.

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde das **PeCoCC Framework** präsentiert, welches P2P-Verbindungen im Bereich des rechnergestützten Gruppenlernens ermöglichen soll. Das **PeCoCC Framework** soll die passende serverlose P2P-Technologie für jene Anwendung zur Verfügung stellen. Weiterhin soll es ein offenes er-

weiterbares Framework ergeben, in dem viele unterschiedliche Anwendungen sowie mehrere P2P Technologien integriert werden können. Das Framework wird in Java implementiert und mit Hilfe des **PeerfactSim.KOM** P2P-Simulators getestet.

## Literatur

- [1] M. Dinse, F. Bonczek: *CSCL- Computer Supported Collaborative Learning- Einführungs-Skript*. 2006.
- [2] M. Weingärtner: *Compuergestützte Gruppenarbeit, state of the art*. Bonn, 1996. Technical Report, Informationszentrum, Sozialwissenschaften . ISSN 1431-6943.
- [3] <http://www.collanos.com/de/home>
- [4] A. Stoner: *Studywiz Learning Environment (with ePortfolio)*. 2010. Teacher 's Guide. Studywiz Global Support.
- [5] M. Hasan, J. Seitz: *Peer-To-Peer Communications for Computer Supported Collaborative Learning*. Avila, Spain, 2011. IADIS International Conference E-Society. S. 530-534. ISBN 978- 972-8939-46-5
- [6] <http://www.kom.tu-darmstadt.de>



# Kommunikation in Assistenzsystemen durch eine nachrichtenbasierte Middleware

---

von *Karsten Renhak*

*Karsten Renhak schloss im März 2008 sein Studium der Ingenieurinformatik als Diplom-Ingenieur für Ingenieurinformatik an der TU-Ilmenau ab. Im Anschluss arbeitete er bei der e.sigma Technology AG und am Fachgebiet Kommunikationsnetze der TU-Ilmenau als wissenschaftlicher Mitarbeiter wo er eine Promotion anstrebt. Der Autor beschäftigt sich vorwiegend mit Kommunikationsinfrastrukturen für Assistenzsysteme, nachrichtenbasierten Middleware-Systemen und IP-Mobilkommunikation.*

## Motivation

Der demografische Wandel und eine steigende Lebenserwartung in vielen Industrieländern führen zu einer wachsenden räumlichen und sozialen Mobilität. Durch die damit einhergehende Auflösung der Familie als Solidarstruktur im weitesten Sinne, wächst der Assistenzbedarf bei den täglichen Aktivitäten. Damit besteht ein wachsendes Interesse an kostengünstigen, kommerziell verfügbaren persönlichen und technischen Assistenzangeboten. Diese sollten sowohl Dienstleistungen für den Alltag als auch für Notfallsituationen zur Verfügung stellen. [1] zeigt die allgemeinen Ziele und das Konzept eines Übertragungssystems am Beispiel des Weitblick-Assistenzsystems.

Das Altern ist ein individueller Prozess, gekennzeichnet von unabhängigen Veränderungen der körperlichen und kognitiven Fähigkeiten. Eine Vielzahl von physischen und soziokulturellen Gewohnheiten beeinflusst diesen Prozess der Veränderungen.

Bei jeder Art von Assistenzsystemen müssen die Gewohnheiten der Benutzer berücksichtigt werden. Die Schaffung geringer Akzeptanzhürden ist hier eines der wichtigsten Aspekte, die für den Erfolg eines Assistenzsystems notwendig sind. Sowohl Kommunikation als auch Unterhaltungsmedien unterliegen

langwierigen Lebensgewohnheiten. Um dies zu ändern ist ein subjektiver oder greifbarer Zusatznutzen erforderlich. Ein solcher Anreiz könnten zum Beispiel Informationen über gemeinsame Aktivitäten oder lokale Nachrichten sein.

Weiterhin können technische Assistenzsysteme älteren Menschen einen längeren Aufenthalt in der gewohnten Umgebung ermöglichen. Durch die Nutzung vertrauter Medien und den damit verbundenen Nutzungsgewohnheiten, kann die Akzeptanz eines technischen Hilfs- oder Assistenzsystems erhöht werden. Daher soll ein Assistenzsystem möglichst viele potenzielle Kommunikationsmittel unterstützen. Dieser Beitrag beschreibt Teilaspekte eines Assistenzsystems, das im Rahmen des Forschungsprojekts Weitblick entworfen, entwickelt und implementiert wurde.

## **Das „Weitblick“-Assistenzsystem**

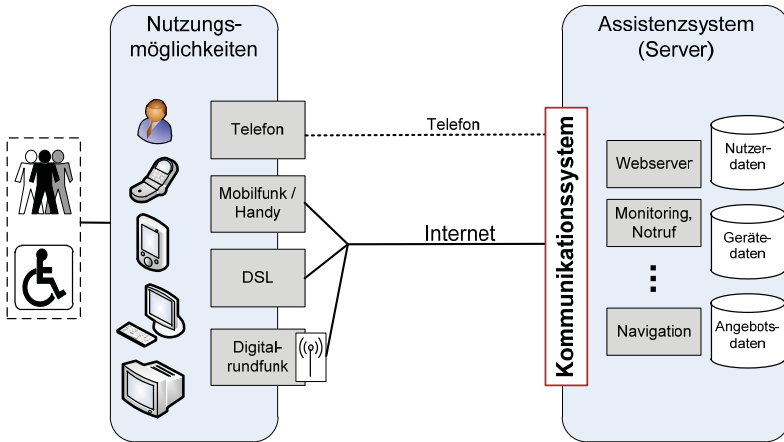
Im Projekt Weitblick waren verschiedene Projektpartner aus der Wissenschaft und Wirtschaft vertreten. Neben den Fachgebieten Audiovisuelle Technik, Biomechatronik, Kommunikationsnetze und Systemanalyse der Technischen Universität Ilmenau waren auch die AWO Alten-, Jugend- und SozialhilfegGmbH, FALCOM Wireless Communications GmbH und Kirchhoff Daten-systeme Services GmbH Co. KG als Partner aus der Thüringer Wirtschaft beteiligt. Die wesentlichen technischen Komponenten und Prinzipien beschreibt *Lutherdt, et al* in [1]. Anzumerken ist weiterhin, dass sowohl ein potentieller Betreiber des Assistenzsystems als auch zukünftige Kunden bzw. Nutzer zur Konzipierung und Entwicklung beigetragen haben. Abbildung 1 zeigt das Konzept des allgemeinen Kommunikationsmodells und die wichtigsten Komponenten des Assistenzsystems. Der dort dargestellte Server stellt die zentrale Systemkomponente dar. Ein hybrides Empfehlungssystem zur Informationsverarbeitung und -verknüpfung [2] bildet die Grundlage des Assistenzsystems. Durch eine ständige Analyse des Nutzerverhaltens kann das System jedem Nutzer ein individuelles Nachrichten- oder Serviceangebot bereitstellen. Dazu nutzt es serverseitig Teilsysteme wie zum Beispiel einen Webserver, Navigations- oder Monitoring-Module.



Dem gegenüber zeigt Abbildung 1 auf der Seite des Nutzers (Client) eine beispielhafte Auswahl an Endgeräten und Nutzungsmöglichkeiten des Assistenzsystems. Die Vielfältigkeit der Nutzerzielgruppen spiegelt sich hier in einer Vielzahl von möglichen Endgeräten wider. Der Nutzer kann selbst entscheiden, mit welchem Gerät er das Weitblick-System benutzt. Zwischen Server und Client befindet sich ein Kommunikationssystem, das die unterschiedlichen Kommunikationskanäle wie 2G/3G-Mobilfunk, DSL oder DAB auswählt und verwaltet. Eine wichtige Aufgabe dieser zusätzlichen Datenverarbeitungsinstanz ist das Filtern des eingehenden Datenverkehrs sowie das Zuordnen der einzelnen Nachrichten zu Kommunikationssitzungen, unabhängig vom genutzten Kommunikationskanal. Dies ist zum Beispiel beim Einsatz von unidirektionalen Kommunikationstechnologien (wie DAB oder DVB) erforderlich. Im Falle, dass der Digitale Rundfunk als Kommunikationsmedium gewählt wird, ist weitere Software zur individuellen Filterung der Nachrichten auf Client-Seite erforderlich. Das Einrichten dieser Filter-Module kann durch den Anwender selbst oder über das Assistenz-System erfolgen.

Das Kommunikationssystem des hier vorgestellten Assistenzsystems nutzt intern eine *nachrichtenbasierte Middleware* (engl. *message-oriented middleware*, kurz *MOM*). Die Middleware ermöglicht die Kopplung aller Gateways der spezifischen Kommunikationswege mit dem zentralen Server des Assistenzsystems. Hierbei wird ein modularer und verteilter Aufbau des Kommunikationssystems durch die MOM erleichtert.

Im Zentrum von Abbildung 1 sind unterschiedliche Kommunikationstechnologien zwischen Server und Client abgebildet. Die Telefonverbindung zwischen Server und Client stellt eine optionale Schnittstelle zum Assistenzsystem über das *Public Switched Telephone Network* (PSTN) dar.



**Abbildung 1: Weitblick-Kommunikationsmodell und Systemübersicht**

Ein Software-basierte Nebenstellenanlage (PBX) kann beispielsweise verwendet werden, um individuelle Dienste via Dial-Codes oder Spracherkennung anzubieten. Diese Nutzungsvariante wurde allerdings nur teilweise implementiert, da sie nicht Bestandteil des Forschungsprojektes war.

## Heterogene Kommunikationstechnologien in Assistenzsystemen

Ein Assistenzsystem, das unter Verwendung einer breiten Palette von neuen Medien [3] arbeitet, impliziert die Verwendung der entsprechenden technischen Kommunikationssysteme. Um Kontakt mit einer Vielzahl von potenziellen Benutzern sicher zu stellen, ist es notwendig, möglichst viele Kommunikationstechnologien zu unterstützen. IP-basierte Kommunikation ist bei einem großen Teil von Geräten (Handys, PCs, Multimedia-TV-Set-Top-Boxen, etc.) möglich. IP-Kommunikation bildet durch eine solide Architektur und eine große Anzahl an Bibliotheken und Implementierungen eine solide Basis. Auf dieser Grundlage wirkt die Entwicklung einer Kommunikationsinfrastruktur wie eine leichte Aufgabe. In der Praxis ist es jedoch komplizierter. Die unterschiedlichen Kommunikationstechnologien unterliegen in der Kommunikation mit den Endgeräten unterschiedlichen Eigenschaften und

Einschränkungen. Es gibt beispielsweise unterschiedliche Bitraten der Kommunikationskanäle oder Unterschiede bei der Displayauflösung oder der Eingabemethoden. Im Folgenden werden wesentliche Aspekte von unterschiedlichen Kommunikationstechnologien kurz beschrieben. Bei dieser Auswahl wird nicht der Anspruch der Vollständigkeit erhoben. Eine ausführliche Gegenüberstellung ist [4] zu entnehmen.

Mit dem Erfolg von Smartphones werden IP-basierte Dienste in **2G/3G/4G-Mobilfunknetzen** immer populärer und günstiger. Der wesentliche Vorteil dieser Kommunikationstechnologie besteht in einer großen Netzabdeckung und den damit verbundenen mobilen Nutzungsmöglichkeiten. IP-Konnektivität wird in Mobilfunknetzen häufig mittels privaten IPv4-Adressen realisiert. Um nicht vom öffentlichen IP-Adressraum abgeschnitten zu sein, setzen die Mobilfunkprovider *Network Address Translation* (NAT)-Gateways ein. Somit sind diese Geräte nicht direkt aus dem öffentlichen IP-Adressraum erreichbar. Stattdessen muss eine Verbindung stets vom mobilen Gerät initiiert werden.

Der **Breitband-Internetzugang** via *Digital Subscriber Line* (DSL) oder *Data Over Cable Service Interface Specification* (DOCSIS) im TV-Kabelnetz zeichnet sich vor allem durch höhere Datenraten im Vergleich zur klassischen Modem-Wählverbindung oder Mobilfunknetzen aus. Eine mobile Nutzung ist nicht bzw. mit der Unterstützung von WLAN nur eingeschränkt möglich. Die zuvor beschriebene NAT-Problematik trifft für diese Kommunikationstechnologie nur teilweise zu, da oftmals eine öffentliche IPv4-Adresse für die Kunden bereitgestellt wird.

Eine weitere Möglichkeit der Datenübertragung zum Endgerät ist die Nutzung eines **Digital Broadcast Service**. Es gibt weltweit viele unterschiedliche Standards wie *Digital Video Broadcasting* (DVB), *Digital Audio Broadcasting* (DAB) oder *Advanced Television Systems Committee for digital television* (ATSC). Die Art der Datenübertragung unterscheidet sich jedoch nicht fundamental. Die Dateien, welche übertragen werden sollen, werden in einem sogenannten Datenkarussell gespeichert. Es ist mit einem Ringpuffer vergleichbar. Die Dateien rotieren zyklisch wie auf dem Rand eines Kreises und werden so nacheinander gesendet. Das Hauptproblem besteht darin, dass die Inhalte eines Assistenzsys-

tems hoch spezialisiert sind. Ein Assistenzsystem generiert so jedoch viele individuelle und personalisierte Inhalte.

Ein Broadcast-Medium ist jedoch darauf ausgelegt möglichst viele Empfänger mit dem gleichen Content zu versorgen. Die Adressierung einzelner Nutzer ist daher aufwendig. Lokale Filter auf den Empfangsgeräten sind hierbei notwendig. In diesem Fall würde jedem Empfänger eine eindeutige Nutzer- oder Gruppenkennung zugeordnet. Dies bedeutet aber auch, dass jede zu übertragende Nachricht ebenfalls diese IDs enthalten muss. Mit steigender Benutzer- oder Gruppenzahl steigt somit auch der Verwaltungs-Overhead.

## **Konzept einer Kommunikationsmiddleware**

Wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt, hat jede Kommunikationstechnologie ihre individuellen Eigenschaften. Eine Kommunikations-Middleware trägt dazu bei das System-Design zu vereinfachen, insbesondere wenn die Nachrichten über viele verschiedene Kommunikationstechnologien übertragen werden. Hierbei werden häufig verwendete Funktionen zur Kommunikation und die Behandlung der heterogenen Kommunikationskanäle unabhängig vom Gesamtsystem entwickelt und gewartet. Somit können z.B. die Geschäftslogik und andere Systemkomponenten unabhängig entwickelt werden, ohne auf den vollen Umfang der Kommunikationsmöglichkeiten zu verzichten. Bei der Planung einer solchen Kommunikations-Middleware wurden die folgenden Ziele berücksichtigt:

- Bereitstellung einer flexiblen und einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur.
- Intelligente Auswahl einer geeigneten Kommunikationstechnologie für jede Kommunikationssitzung.
- Austauschbarkeit und Unabhängigkeit der einzelnen Kommunikationstechnologien.

Die grundlegenden Funktionen der Kommunikationsmiddleware auf Client-Seite wurden bereits im Abschnitt zum Weitblick-Projekt genannt. In diesem Kapitel werden einige Funktionen der Server-Middleware erörtert. Darüber hinaus wird ein Überblick über die Implementierung der Middleware auf Ser-

ver-Seite gegeben. Abbildung 2 zeigt das Prinzip der Kommunikationsmiddleware.

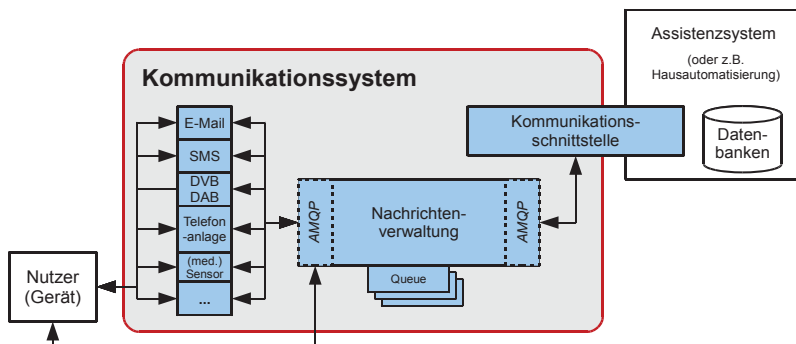
Der Nachrichtenaustausch basiert auf dem RabbitMQ Message Broker [5] und nutzt das *Advanced Message Queuing Protocol* [6] (siehe Abbildung 2). Das AMQP-Protokoll ermöglicht eine lose gekoppelte und verteilte Kommunikation zwischen Nachrichtenerzeuger und Empfänger. [6] definiert zwei grundlegende Ansätze für den AMQP-Nachrichtenaustausch: Punkt-zu-Punkt oder Publish-Subscribe. Beide Ansätze werden vom RabbitMQ Message Broker unterstützt. Die Nutzung der AMQP-Schnittstelle hat den Vorteil, dass bereits existierende Software unmodifiziert eingesetzt werden kann. Weiterhin definiert die AMQP-Spezifikation strukturierte Nachrichten, was die Trennung von Meta- und Nutzdaten erleichtert. Die zahlreiche Management- und Steuerungsfunktionen des RabbitMQ Message Brokers erleichtern die Verwaltung und Einrichtung des Kommunikationssystems.

Neue Nachrichten aus dem Assistenzsystem passieren zuerst die *Kommunikationsschnittstelle*. Im Anschluss findet eine Vorauswahl an möglichen und verfügbaren Empfangsgeräten statt, welche für die aktuelle Nachricht in Frage kommen. Solch eine Datenbankabfrage ist nötig, um alle relevanten Geräte, die vom Assistenzsystem vorgeschlagen wurden, zu bestimmen. Wenn kein verfügbares Gerät in der Lage ist, die Nachricht darzustellen, muss der Nachrichteninhalte konvertiert werden. Aber eine solche Anpassung der Daten beschränkt sich auf wenige vordefinierte Transformationsregeln.

Ein Client kann die Nachrichten entweder direkt über das AMQP-Protokoll abholen oder es erfolgt eine Umwandlung mit Hilfe eines der Gateways aus Abbildung 2. Die abgebildeten Gateways stellen eine typische Auswahl an Kommunikationskanälen zur Nutzung des Assistenzsystems dar. Die Kommunikations-Middleware ist jedoch so flexibel und modular aufgebaut, dass leicht neue Gateways für spezielle Endgeräte wie z.B. das Mambo 2, ein GPRS/GPS Tracking-System der Firma FALCOM, integriert werden können.

Alle verfügbaren Gateways aus Abbildung 2 registrieren sich nach dem Start bei der Kommunikationsschnittstelle und übermitteln die benötigten Metainformationen zur Umwandlung der jeweiligen Nachrichten. Anschließend

warten sie auf bekannten *Queues* auf neue ausgehende Nachrichten oder leiten eintreffende Meldungen an entsprechende *Queues* weiter.



**Abbildung 2: Struktur der Kommunikationsmiddleware**

Ein Vorteil des hier beschriebenen AMQP-Protokolls ist die große Anzahl an Client-Implementierungen. So ist es zum Beispiel leicht möglich eine Smartphone-Applikation (kurz: App) zu entwerfen, die AMQP-Nachrichten senden und empfangen kann. In diesem Fall sind die dargestellten Gateways für die Kommunikation zwischen dem Assistenzsystem und den Nutzern nicht notwendig. Der nächste Abschnitt stellt eine solche Lösung exemplarisch vor.

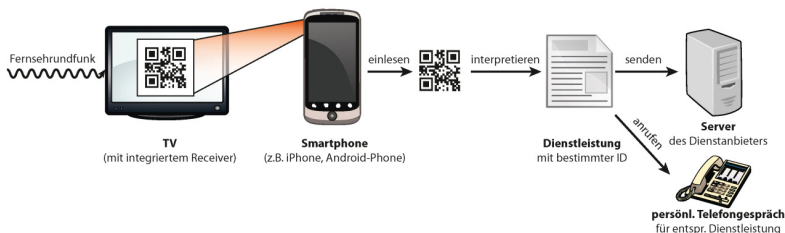
## Beispiel zur Nutzung eines Smartphones als Rückkanal für den digitalen Rundfunk

Im Rahmen des oben beschriebenen WEITBLICK-Projektes entstand im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit [7], die die Nutzung eines Smartphones als Rückkanal für herkömmlichen Fernseh Rundfunk untersucht. Dieser zusätzliche Rückkanal ist notwendig, da sich Fernsehstandards, wie DVB-RCS/C/T oder HbbTV, zum Senden von Daten vom Nutzer zum Programmanbieter bisher nicht durchgesetzt haben bzw. nicht umgesetzt wurden. Demnach soll das Smartphone über das Internet einen Rückkanal zum Fernseh Rundfunk bieten, um zum Beispiel Buchungsinformationen senden zu können. Die Idee dabei ist, eine über das Fernsehbild eingeblendete optische Marke mit dem Smartphone zu fotografieren. Die optische Marke wird an-

schließlich in einer Anwendung interpretiert und die Buchung in Form einer Nachricht mit einer auf dem Smartphone gespeicherten Nutzer-ID an die oben beschriebene Kommunikationsmiddleware gesendet.

Das prinzipielle Nutzungsszenario ist in Abbildung 3 zu erkennen. Nach dem Einlesen der optischen Marke interpretiert ein Programm („App“) auf dem Smartphone die enthaltenen Informationen und stellt sie dem Nutzer in einer optischen ansprechenden und lesbaren Form dar. Anschließend kann der Nutzer die angebotene Dienstleistung telefonisch buchen, indem er automatisch mit der im Angebot hinterlegten Telefonnummer verbunden wird. Alternativ kann die Dienstbuchung auch via Internet über die Kommunikationsmiddleware des Assistenzsystems erfolgen. Hierzu wird eine AMQP-Nachricht vom Smartphone erzeugt und an die Middleware gesendet. Diese Nachricht enthält unter anderem die Nutzer-ID, die Dienstleistungsnummer aus der optischen Marke sowie Datum und Uhrzeit der gebuchten Dienstleistung. Anschließend erzeugt die Middleware eine E-Mail mit dem übergebenen Inhalt und leitet diese an den Dienstanbieter weiter.

Der hier demonstrierte Kommunikationsweg zeigt an einem konkreten Beispiel die technischen Fähigkeiten des Kommunikationssystems mit einer ansprechenden graphischen Nutzerschnittstelle. Die beschriebene Lösung wurde unter anderem zum Tag der offenen Tür der TU Ilmenau im April 2011 und 2012 sowie zum öffentlichen WEITBLICK-Meilensteintreffen im Mai 2011 erfolgreich der Öffentlichkeit vorgestellt. Weiterhin werden mehrere Kommunikationstechnologien miteinander verknüpft und ergänzen sich gegenseitig.



**Abbildung 3: Alternativer Rückkanal via optischer Marke und Smartphone [7]**

## **Zusammenfassung**

Das hier vorgestellt Assistenzsystem bietet eine Unterstützung sozialer Dienstleistungen mittels technischer Systeme. Die beschriebene Kommunikationsmiddleware bietet eine abstrakte Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Nutzern und einem Assistenzsystem. Der modulare Aufbau erleichtert den Assistenzsystementwurf und unterstützt die Wartung sowie den laufenden Betrieb des Systems durch seine flexible und offene Infrastruktur.

Wie schon in Abbildung 2 zu erkennen ist, kann das hier vorgestellte Kommunikationssystem vielseitig eingesetzt werden und ist nicht nur auf Assistenzsysteme beschränkt. Leicht vorstellbar wäre zum Beispiel der Einsatz in der Hausautomatisierung. Hier existieren ebenfalls viele verschiedene Kommunikationsstandards, die nicht miteinander kompatibel sind. Die vorgestellte Middleware kann hier zwischen den unterschiedlichen Automatisierungslösungen „übersetzen“, wenn Gateways zu den jeweiligen Automatisierungsvarianten existieren.



## Literatur

- [1] S. Lutherdt, et al., „Design of an assistance system for elderly based on analyses of needs and acceptance“ in UAHCI '09: Proc. of the 5th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Addressing Diversity. Part I, Springer-Verlag, 2009, ISBN 9783642027062, pp. 96 – 105.
- [2] C. Stiller, F. Roß und C. Ament, „A Hybrid Recommender System for Information Brokering within WEITBLICK“ in Proc. of 55th Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Verlag ISLE Ilmenau, 2010, ISBN 9783938843536, Ilmenau, pp. 6 – 10.
- [3] N. Wardrip-Fruin and N. Montfort, ed., „The New Media Reader“, The MIT Press, ISBN 0262232278, 2003, pp. 16 – 23.
- [4] K. Renhak, M. Federspiel, J. Seitz, H.-P. Schade, „Design and Development of a Communication Middleware for Ambient Assisted Living Environments“ in Proc. of 55th Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Verlag ISLE Ilmenau, 2010, ISBN 9783938843536, Ilmenau, pp. 11 – 16.
- [5] VMware UK, RabbitMQ [Internet], Open source project home page, 2012 Jul 25, Abrufbar unter: <http://www.rabbitmq.com/>
- [6] Wikipedia contributors, „Advanced Message Queuing Protocol“, Wikipedia, The Free Encyclopedia, Abrufbar unter: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Advanced\\_Message\\_Queueing\\_Protocol&oldid=503930017](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Advanced_Message_Queueing_Protocol&oldid=503930017) (July 25, 2012).
- [7] Schlembach, F. (2011): „Nutzung eines Smartphones als Rückkanal für digitalen Rundfunk“, Bachelorarbeit am Fachgebiet Kommunikationsnetze, TU Ilmenau.



# Namensgebung und Adressauflösung in heterogenen Netzen

---

*von Sebastian Schellenberg*

*Sebastian Schellenberg schloss sein Studium an der Technischen Universität Ilmenau mit dem Master of Science im Studiengang Ingenieurinformatik ab. Er arbeitet seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Kommunikationsnetze und ist Doktorand an der International Graduate School on Mobile Communications. Seine Arbeitsschwerpunkte beziehen sich auf mobile Ad-Hoc-Netze (MANETs) und Kommunikation in heterogenen Netzen.*

## **Motivation**

Die Graduiertenschule Mobicom beschäftigt sich mit der Kommunikation in Katastrophenszenarien. Ziel ist es, beschädigte Infrastruktur entweder zu reparieren oder ein gänzlich neues Netz aufzubauen. Daraus resultieren Probleme und Herausforderungen an Protokolle und Dienste in allen Kommunikationsschichten, die durch herkömmliche Lösungen nicht abgedeckt werden können.

Bei Naturkatastrophen, wie Flutwellen oder Vulkanausbrüchen, basiert die Kommunikation normalerweise auf heterogenen Technologien. Teilnehmende Knoten nutzen verschiedene Schnittstellen und unterschiedliche Adressierungsschemata. So besteht z.B. ein Unterschied zwischen der Adressierung des Internet-Protokolls der Versionen 4 und 6.

Ist die vorhandene Infrastruktur beschädigt oder vollständig zerstört, wird Kommunikation meistens über infrastrukturlose Ad-Hoc-Netze abgewickelt. Hierbei müssen zentrale Einheiten, wie z.B. DHCP-Server, vermieden und viele Mechanismen möglichst dezentral und selbstorganisierend bereitgestellt werden.

Zusätzlich zur Heterogenität erzeugt die hohe Mobilität Problemstellungen. Knoten bewegen sich räumlich und verlassen bzw. betreten vorhandene Subnetze. Mit jedem Wechsel bekommen sie normalerweise eine neue lokale Adresse, in der Regel eine IP-Adresse. Weiterhin verfügen manche Knoten auch über mehrere Schnittstellen und können gleichzeitig mit mehreren Netzen verbunden sein (engl. Multihoming). Multiple Adressen bzw. häufige Adresswechsel machen es anderen Knoten schwer, einen Kommunikationspartner unter einer alten Adresse wiederzufinden.

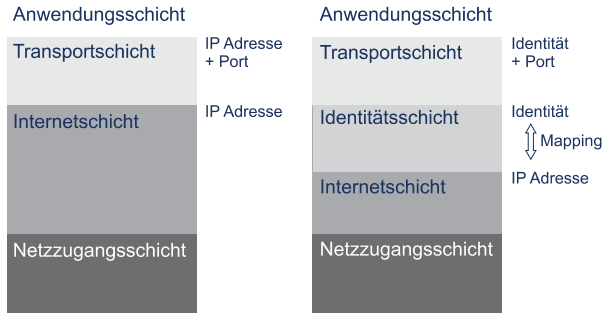
Ziel der Arbeit ist es, ein Adressierungsschema zu entwerfen, welches es erlaubt, Knoten wiederzufinden, egal in welchem Subnetz sie sich befinden und welche Netzzugangstechnologie sie nutzen.

## **Trennung von Lokalisierungs- und Identifizierungsfunktion der IP-Adressen**

Als die Erfinder des Internets das Internet-Protokoll entwarfen, konnten sie sich nicht vorstellen, dass es einmal so viele und bewegliche Internet-fähige Endgeräte geben könnte. Ein Resultat der damaligen Unkenntnis ist, dass mittlerweile der verfügbare Adressbereich der IPv4-Adressen ausgeschöpft ist. Ein weiterer Aspekt ist die fehlende Trennung von Knoten-Identifikation und Knoten-Lokalisierung. Beide Funktionalitäten sind in einer IP-Adresse vereint. Ändert ein Knoten sein lokales Netz, bekommt er eine neue Adresse, obwohl sich die Identifikation nicht ändert.

Besonders in mobilen Ad-Hoc-Netzwerken führt dies zur bereits beschriebenen Problematik. In der Literatur existieren verschiedene Ansätze zum sogenannten ID/Locator-Split. Beispiele sind das Host Identity Protocol (HIP) [1] und das Locator Identifier Separation Protocol (LISP) [2].

Grundsätzlich wird hier die Trennung durch eine generelle Modifizierung des Protokoll-Stacks ermöglicht. Ein zusätzlicher Layer zwischen der Transport- und der Internet- bzw. Netzwerkschicht entkoppelt die Funktionalitäten durch Einfügen von Identifikatoren. Eine TCP-Session auf Schicht 4 wird also auf Basis dieser IDs eröffnet und durch Wechsel der lokalen Adressen auf Schicht 3 nicht berührt.



**Bild 1: Schichtenmodell ohne und mit einer Identitätsschicht**

Der Vorteil dieses Ansatzes ist die Flexibilität die letztendlich zur Lösung des beschriebenen Problems führt. Der Hauptnachteil ist der gravierende Eingriff in den Stack. Jeder Knoten, welcher an einem solchem Netzwerk teilnehmen möchte, müsste sein Betriebssystem dahingehend abändern. Eine weitläufige Verbreitung ist, auch im Hinblick auf die schleppende Verbreitung von IPv6, langwierig und schwierig.

Ein weiterer Nachteil ist der Bedarf eines konsistenten Mapping-Algorithmus. In Infrastruktur-Netzen kann dies durch das bekannte Domain Name System bewerkstelligt werden. [3] Dieses mappt Domainnamen, die für den Benutzer besser lesbar und merkbar sind, auf lokale (IP-) Adressen. Diesen Mechanismus kann man auch für das Mappen von Identifikatoren auf Lokalisatoren verwenden.

In MANETs ist dieser Mechanismus allerdings nicht anwendbar, da hier auf zentrale Einheiten bzw. zentrale Dienste verzichtet werden muss.

## Namensauflösung in MANETs

Die Auflösung von Hostnamen auf lokale Adressen ist ein unverzichtbarer Mechanismus in IP-basierten Netzen. Die direkte Kommunikation zwischen technischen Endgeräten läuft nur über, in einem fest definierten Rahmen, vergebene Adressen. Für den Anwender sind diese Zahlen nur schwer merkbar. So ist es viel zu aufwendig und nicht benutzerfreundlich sich jeweils eine

IP-Adresse zu merken, um auf eine Homepage zuzugreifen oder eine E-Mail zu verschicken.

In Infrastrukturnetzen übernimmt die Aufgabe des Mappens auf lokale Adressen das bekannte Domain Name System (DNS). In MANETs ist dieser Mechanismus allerdings nicht anwendbar. Durch die hohe Mobilität können sich Netze teilen oder wieder verschmelzen, was den Einsatz von zentralen Einheiten schwierig macht. Außerdem können Knoten durch beschränkte Ressourcen wie Energie auch plötzlich ganz ausfallen.

Die Möglichkeiten zur Namensauflösung für MANETs in der Literatur lassen sich in grundsätzlich drei Hauptrichtung gruppieren, den zentralen aber modifizierten DNS, den Multicast-basierenden Ansatz und das Auflösung über das Routing.

Beim zentralen aber modifizierten DNS wird an nach wie vor zentralen DNS-Servern festgehalten, jedoch Mechanismen zur Erhöhung der Robustheit angewendet. So kann man bspw. durch intelligentes Service Placement den Dienst zur Namensauflösung so platzieren, dass einem Absturz vorgebeugt wird. Nähert sich z.B. der Akkustand des bereitstellenden Knotens einem kritischen Level, wird der Dienst auf einen anderen Knoten versetzt um Ausfälle zu vermeiden. Auch das Hinzufügen von Redundanz kann das Wiederherstellen des Dienstes nach einem Absturz ermöglichen. Nachteilig an diesem Ansatz ist, dass der Single-Point-of-Failure nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Auch das Service Placement bzw. der Service Recovery kann nicht hundertprozentig robust gestaltet werden. Außerdem sind auch sämtliche Maßnahmen zur Absicherung mit höherem Datenverkehr verbunden. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist in [4] dargestellt.

Beim Multicast-basierenden Ansatz werden Anfragen zur Namensauflösung an eine vorher definierte Multicast-Gruppe geschickt. Der Knoten, der zum nachgefragten Namen gehört, antwortet darauf mit seiner IP-Adresse. Der Vorteil dieses Verfahrens ist das vollständige Ersetzen des DNS. Alle Knoten können durch Eintreten in die Multicast-Gruppe an der Namensauflösung teilnehmen. Nachteil ist der erhöhte Overhead. Jede einzelne Anfrage von jedem einzelnen Knoten wird per Multicast durch das komplette Netzwerk geroutet. Wechselt ein Knoten das Subnetz und bekommt eine neue IP-

Adresse, muss jeder andere Knoten, der mit diesem kommunizieren möchte, per Multicast den Namen neu auflösen. Der Dienst ist auch hier auf Layer 7 im ISO-/OSI-Schichtenmodell, bzw. auf Schicht 4 im Internet-Schichtenmodell platziert. Beispielhaft ist hier Multicast DNS zu nennen. [5]

Bei Routing-basierender Namensauflösung wird der Mechanismus auf Schicht 3 in das Routing eingebettet. Hier werden die Pakete zum Management der Mappinginformationen bzw. die Anfrage- und Antwortnachrichten Huckepack mit den Routingpaketen genommen. Zur Realisierung muss diese Einbettung an die jeweiligen Routingmechanismen angepasst werden. Für reaktive Netzwerke ist die Arbeit von Engelstad et. al. zu nennen. [6]

## **Routing-basierte Namensauflösung**

Der Vorteil des Routing-basierenden Ansatzes zur Namensauflösung ist die Einbettung in die jeweiligen Routingprotokolle. Die Frage der Routenfindung bzw. der Wegewahl ist eine wichtige Frage in MANETs, zu welcher bereits viel Forschungsarbeit geleistet wurde. Durch die hohe Mobilität und die, sich ständig wechselnden Topologien, müssen immer wieder neue Routen gefunden und alte, abgestorbene Routen ersetzt werden.

Grundsätzlich kann man Routingprotokolle für MANETs in zwei Kategorien einteilen, die proaktiven [7] und die reaktiven [8] Mechanismen.

Beim proaktiven Routing wird versucht, sämtliche Routen immer aktuell zu halten. Dies wird durch ein ständiges Austauschen von Routinginformationen ermöglicht um jede Änderung in der Topologie zu erfassen und darauf zu reagieren. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass beim Sendewunsch in der Regel auch eine gültige Route vorhanden ist. Dies minimiert die nötige Latenz vor dem Senden des ersten Datenpakets. Nachteil ist die hohe Nutzlast für den Austausch der Routinginformationen. Einsatz finden diese Mechanismen in Netzen mit zumindest einem relativ stabilen Netzwerk.

Das reaktive Routing zeichnet sich dadurch aus, das Routen erst dann gesucht werden, wenn sie auch wirklich gebraucht werden. Ist eine gültige Route vorhanden, können die Pakete gleich gesendet werden. Ist dies nicht der Fall, wird per Route Request (RREQ) im Netz nachgefragt bzw. per Route Reply

(RREP) geantwortet. Dieses Verfahren wird hauptsächlich bei MANETs mit relativ hoher Mobilität und sich schnell ändernden Verbindungen bzw. Topologien eingesetzt. Vorteil dieses Verfahrens ist eine Verringerung des Verkehrs, nachteilig sind längere Latenzzeiten, bevor eine Route bekannt ist.

Durch adaptives Routing kann man Vor- und Nachteile einzelner Routingprotokolle geschickt ausgleichen. Hier wird die Möglichkeit eröffnet, während der Laufzeit zwischen Protokollen umzuschalten, wenn dies hilfreich erscheint. Ist das Szenario einigermaßen stabil, kann z.B. proaktiv geroutet werden, setzen sich die Knoten in Bewegung, kann auf reaktives Routing umgeschwenkt werden.

Der Hauptvorteil, wenn man die Namensauflösung Huckepack mit den Routingmechanismen nimmt, ist die Einsparung von Wegzeiten beim Mapping. Anstatt zuerst nach einer oder mehreren bekannten lokalen Adressen zu einem Namen zu fragen und danach die Route zum Knoten zu suchen, bekommt man hier beide Informationen mit einer Anfrage. Man fragt quasi nach einer Route zu einem Namen. Die Namensauflösung funktioniert hierbei genauso schnell und zuverlässig, wie das darunter liegende Routingprotokoll. Da Routing aber sowieso essentiell ist und viel Forschungsarbeit zur Optimierung mit eingeflossen ist, ermöglicht es hier auch effizient Namen aufzulösen.

Um die Namensauflösung nun auf das Routing aufzusetzen, müssen das jeweilige Protokoll analysiert und die Mechanismen jeweils eingebettet werden. Beim reaktiven Routing, wie z.B. beim Ad-hoc On-demand Distance Vector-Routingalgorithmus (AODV), wird bei einer Namensanfrage aus einem normalen DNS-Paket ein spezielles Name Request Paket (NREQ) erstellt und dieses in das RREQ eingebettet. Antwortende Knoten schicken einen Name Reply (NREP) eingebettet in das RREP zurück. Beim proaktiven Routing werden in den periodisch versendeten Update-Paketen die jeweiligen Namensbindungen mit versendet um das Netzwerk up-to-date zu halten. Die Adresszuweisungen werden in jedem Knoten in einer separaten Tabelle gespeichert und gepflegt. Hierdurch erreicht man eine vollverteilte Speicherung und vermeidet Single-Points-of-Failure. Außerdem kann jeder Routingmechanismus gleichermaßen auf diese Tabelle zugreifen. Wird also vom proaktiven auf einen reaktiven Mechanismus gewechselt, kann dieser anfangs auf annä-



hernd globales Wissen zugreifen. Wird wieder zurückgewechselt, muss die Tabelle erst wieder komplettiert werden.

## **Möglichkeiten der Erweiterung und Ausblick**

Die Möglichkeit der Namesauflösung stellt einen zentralen Aspekt in MANETs dar. Genauso interessant ist es aber, was mit diesem Mechanismus am Ende auch wirklich angestellt werden kann. Hierbei stellt sich zuerst die Frage, was alles als ein Name bezeichnet werden kann. In klassischen IP-basierten Netzen kommen Namen in Form von Web-, E-Mail- sowie SIP-Adressen vor. Hinter jedem einprägsamen Namen steht eine Server-IP-Adresse. Ein weiterer Anwendungsfall ist das erwähnte Mappen von Identifikatoren auf wechselnde lokale Adresse. Aber auch Dienste werden allgemein durch Namen identifiziert.

Die abstrakte Sicht auf den Namensbegriff ermöglicht es mit Hilfe des Auflösungsmechanismus auch erweiterte Mechanismen zu realisieren. So kann ein Knoten fragen: „Wie ist die Route zum Feuerwehrauto\_5“. Er kann aber auch z.B. nach dem Dienst „Drucker“ oder „Internet\_Gateway“ suchen. Grundsätzlich sind Namensauflösung und Diensterkennung eng miteinander verwandt und können beide über Routing-basierte Ansätze gelöst werden. [9] Ein abstrakt gehaltener Namensbegriff lässt viele Möglichkeiten offen, obwohl auch die Last für das Auflösen für das Netzwerk im Auge behalten werden muss.

Weiterhin kann der Mechanismus auch zur Handhabe von Multihoming genutzt werden. Knoten, die mehrere Netzwerkinterfaces haben und damit gleichzeitig in mehreren Netzen verbunden sein können, sind hierdurch auch unter mehreren lokalen IP-Adressen bzw. mehreren Routen erreichbar. Wir nun nach der Identität des Knotens gesucht, liefert der Algorithmus alle verfügbaren dazugehörigen Adressen zurück. Hierüber lassen sich auch Funktionen wie Lastverteilung realisieren.

Ein Name kann also durchaus zu mehreren IP-Adressen aufgelöst werden. Nicht nur bei Multihome-Knoten sondern auch z.B. bei Diensten, die gleichzeitig von mehreren Knoten angeboten werden. Andersherum kann eine IP-

Adresse auch mehrere „Namen“ beherbergen, z.B. wenn sie mehrere „Identitäten“ hat oder eben mehrere Dienste anbietet.

Auch für die Möglichkeit des Geocast-Routings kann dieser Mechanismus hilfreich sein. Geographische Lokalisationsinformationen, wie z.B. die Zugehörigkeit zu einer geographischen Zelle, können ebenso zu einer IP-Adresse gemappt werden wie eine Identität. Ziel der Arbeit ist es, Anfragen in Katastrophenszenarien wie z.B. „Alle Löschfahrzeuge im Umkreis von fünf Kilometern“ auf die dazugehörigen IP-Adressen aufzulösen, um so die Missionsplanung erheblich zu erleichtern bzw. erst zu ermöglichen.

## Literatur

- [1] R. Moskowitz, P. Nikander, P. Jokela, T. Henderson: Host Identity Protocol. RFC 5201 (Experimental), Internet Engineering Task Force, Apr. 2008
- [2] D. Farinacci, V. Fuller, D. Meyer, D. Lewis: Locator/ID Separation Protocol (LISP). Internet-Draft, Internet Engineering Task Force, Mar. 2009
- [3] O. Ponomarev, A. Gurtov: Using DNS as an Access Protocol for Mapping Identifiers to Locators. Proceedings of Workshop on Routing in Next Generation, Dez. 2007
- [4] S. Ahn, Y. Lim: A Modified Centralized DNS Approach for the Dynamic MANET Environment. 9th International Symposium on Communications and Information Technology, Sep. 2009
- [5] S. Cheshire, M. Krochmal: Multicast DNS. Internet-Draft, Internet Engineering Task Force, Dez. 2011
- [6] P. Engelstad, D. Thanh, G. Egeland: Name Resolution in On-Demand MANETs and over External IP Networks. Proceedings of IEEE International Conference on Communications 2003, Mai 2003
- [7] T. Clausen and P. Jacquet: Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). RFC 3626 (Experimental), Internet Engineering Task Force, Okt. 2003
- [8] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das: Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. RFC 3561 (Experimental), Internet Engineering Task Force, Jul. 2003
- [9] J. Flathagen, K. Øvsthus: Service Discovery using OLSR and Bloom Filters. Proceedings of the 4th OLSR Interop & Workshop, Okt. 2008.



# Möglichkeiten der Lokalisierung von Emittlern mittels kleiner unbemannter fliegender Plattformen

---

von Dominik Schulz

*Dominik Schulz machte seinen Abschluss als Diplomingenieur der Elektrotechnik und Informationstechnik an der Technischen Universität Ilmenau. Nach seinem Diplomstudium wurde er in die International Graduate School on Mobile Communications (Research Training Group 1487) der TU Ilmenau aufgenommen. Als Doktorand ist er dort auf dem Gebiet der Mobilkommunikation nach Katastrophenszenarien tätig. Dominik Schulz hat sich auf Signalverarbeitung im Bereich der Mobilkommunikation mit mehreren Antennen spezialisiert. Sein derzeitiges Arbeitsgebiet dreht sich um Richtungsschätzung mit kompakten Antennen-Arrays.*

## Motivation

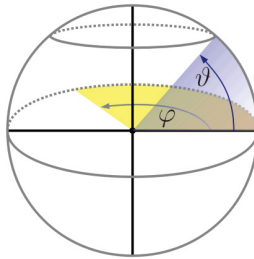
Im Nachgang schwerwiegender Naturkatastrophen oder anderer großflächiger Unglücke verfügen Rettungskräfte oft über nur unzureichende Informationen über das jeweilige Katastrophengebiet. Daher muss zur Planung von Rettungs- und Hilfsaktionen zunächst ein Gesamtbild über den Zustand des Areals erstellt werden. Dazu gehören neben der optischen Aufklärung auch die Beurteilung des Zustandes der verbliebenen Kommunikationsinfrastruktur (z.B. GSM-Basisstationen). Zusätzlich benötigen auch Ersthelfer Möglichkeiten zur Kommunikation untereinander und mit der Einsatzleitung.

Zu diesem Zweck können Ad-Hoc-Netzwerke im entsprechenden Gebiet aufgebaut werden. Fliegende Plattformen (etwa Multikopter) können dabei helfen, auch schwer zugängliches Gebiet abzudecken. Diese sind dann in der Lage Bild- und Tondaten der Rettungsleitstelle zur Verfügung zu stellen und erleichtern somit die Einsatzplanung.

Neben der Erstellung eines ersten Überblicks können fliegende Plattformen im Weiteren auch dabei behilflich sein, verschüttete Personen aufzuspüren. Drahtlose Sender, wie Mobiltelefone oder RFID-Tags bieten Möglichkeiten zur drahtlosen Emittierlokalisierung. Zusätzlich kann es von Vorteil sein, nicht nur die Position von Menschen, sondern auch die Position von noch intakten Teilen der Netzinfrastruktur zu kennen. Mit diesem Wissen können partitionierte Netze wieder überbrückt werden.

Durch ihren mobilen Charakter sind fliegende Plattformen sehr gut geeignet, räumlich verteilte Messungen (von WLAN, GSM, UMT, LTE etc.) mittels weniger Sensoren zu generieren. Die so erzeugten Sensordaten erlauben es mittels geeigneter Algorithmen die relative Position von Sendern zu schätzen. Da die genutzten Plattformen oft zusätzlich über GPS-Empfänger verfügen, sind sogar absolute Koordinaten bestimmbar. Vor diesem Hintergrund scheint es sinnvoll, sich mit den praktischen Möglichkeiten der Lokalisierung von drahtlosen Sendern zu beschäftigen und diese auf ihre Einsatzmöglichkeiten in Bezug auf Katastrophenszenarien hin zu überprüfen.

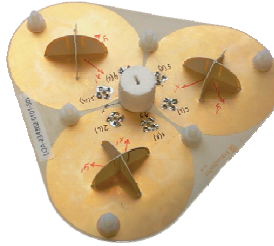
## Begriffe



**Abbildung 1: Darstellung von Azimut  $\varphi$  und Elevation  $\vartheta$**

### *Einfallsrichtung*

Die Einfallsrichtung einer ebenen Wellenfront bezeichnet die Kombination aus Azimut (horizontaler Winkel) und Elevation (vertikaler Winkel) einer einfallenden Welle bezüglich eines gewählten Koordinatensystems. Der Azimut wird in der Regel von  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$  angegeben. Für die Beschreibung einer vollen Kugel reicht es daher aus, die Elevation in  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$  zu betrachten.



**Abbildung 2: Beispiel eines Antennen-Arrays (Fraunhofer FKIE); drei L-Quad-Elementen**

### *Antennen-Array*

Als Antennen-Array (oder auch *phased array*) werden Gruppen von Sende- oder Empfangsantennen bezeichnet, deren Phasenunterschied und Sendeleistung digital einstellbar bzw. messbar ist. Systemtheoretisch wird eine einfallende Welle durch ein Antennen-Array räumlich abgetastet. In einfachen Worten bedeutet dies, dass ein Antennen-Array den Weg, den eine Welle von einem Antennenelement zu einem anderen Element desselben Arrays benötigt, messbar macht.

## **Positionsschätzung und Evaluierung**

Es gibt eine Reihe von Methoden zur Lokalisierung von Emittlern in drahtlosen Netzen. Auch ist die Ortung von Emittlern keine neue Disziplin. Daher sei hier nur auf deren Grundlage und nicht auf spezielle Algorithmen eingegangen. Verfahren zur Positionsschätzung lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten kategorisieren, die sich in manchen Fällen auch überschneiden können.

### *Messgrößen*

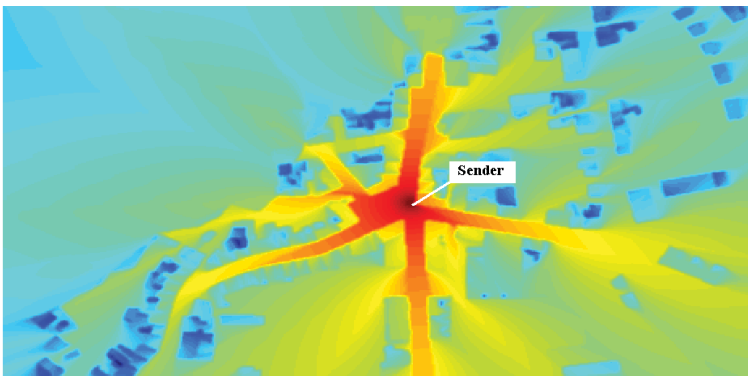
Die beiden Größen, die direkt gemessen werden können, sind die empfangene Leistung sowie die Zeit, die ein Signal braucht, um einen gewissen Weg zurückzulegen. Je nach Verfahren ist es das Ziel, von diesen Größen auf den Abstand zwischen Emitter und Empfänger oder auf die Richtung (Winkel), in der sich der Emitter befindet, zu schließen.

Mittels der Friisschen Übertragungsgleichung lässt sich unter der Annahme von ungestörter Freiraumausbreitung ein Zusammenhang zwischen der von einem Sender ausgestrahlten Leistung  $P_T$  und von einem Empfänger aufgenommenen Leistung  $P_R$  herstellen:

$$P_R = P_T G_T G_R \left( \frac{\lambda}{4 \pi d} \right)^2$$

Hier sind  $G_T$  und  $G_R$  der richtungsabhängige Antennengewinn der Sende- und Empfangsantenne. Außerdem ist  $\lambda$  die Wellenlänge der Trägerwelle und  $d$  der Abstand zwischen Sender und Empfänger.

Offensichtlich kann unter Kenntnis der Antennengewinne und der Trägerfrequenz auf den Abstand zwischen Sender und Empfänger geschlossen werden. Ein Beispiel ist in Abbildung dargestellt. Die Abbildung zeigt die durch eine Ray-Tracing-Software theoretisch berechnete empfangene Feldstärke (in dB) in der Ilmenauer Innenstadt. Rottöne stehen für hohe und Blautöne für niedrige Empfangsfeldstärken. Es ist gut zu erkennen, dass im Bereich der Sichtverbindung die Feldstärke gleichmäßig fällt.

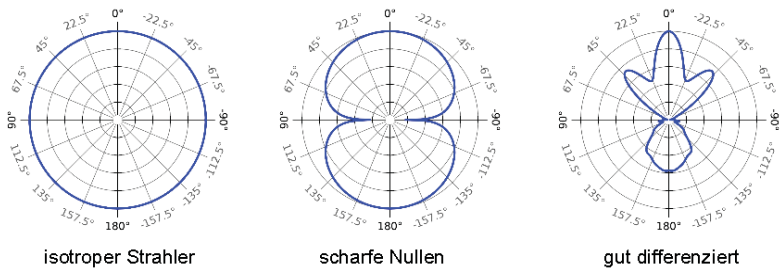


**Abbildung 3: Simulation (Ray Tracing) der empfangenen Feldstärke an verschiedenen Orten der Ilmenauer Innenstadt**

Da auch der Antennengewinn richtungsabhängig (Azimut und Elevation) ist, kann dies zur groben Richtungsschätzung genutzt werden. Dieser Fall ist in den in Abbildung 4 gezeigten synthetischen Antennencharakteristiken (nur in



der Äquatorialebene) verdeutlicht. Im linken Fall steckt keine Information in der Charakteristik. Das mittlere Diagramm hat eine „Nieren-Charakteristik“ und besitzt scharfe Nullstellen. Eine fliegende Plattform könnte also, unter Kenntnis der eigenen Orientierung im Raum, sich derart ausrichten, dass sie möglichst wenig der abgestrahlten Welle empfängt. Zu beachten ist, dass durch die Symmetrie nicht zwischen  $+90^\circ$  und  $-90^\circ$  unterscheiden werden kann. Die restliche Charakteristik liefert kaum Informationen, da sich eine Winkeländerung um z.B.  $0^\circ$  kaum auf die empfangene Signalstärke auswirkt. Die rechte Richtcharakteristik ist deutlich differenzierter. Sie besitzt auch ausgeprägte Nullstellen. Zusätzlich kann aber auch entweder die Eigenbewegung der Plattform als auch eine mögliche Bewegung des zu lokalisierenden Objekts genutzt werden. Auch diese Charakteristik hat eine Symmetrie und ist damit nicht eindeutig. Für reale Antennen muss gesagt werden, dass diese in der Regel wesentlich komplexere Charakteristiken in Azimut und Elevation aufweisen.



**Abbildung 4: Zweidimensionale Antennencharakteristiken**

Zur empfangenen Leistung ist weiterhin zu erwähnen, dass diese einerseits rauschbehaftet ist und andererseits von den Ausbreitungsbedingungen abhängt. Diese Ausbreitungseigenschaften werden dann in der Regel in einem dem oben ähnlichen Modell zusammengefasst. Hier das einfachste mögliche Modell für den rauschfreien Fall:

$$P_R = P_T K \left( \frac{d}{d_0} \right)^{-\alpha}$$

Hier ist  $K$  eine von der Umgebung abhängige Konstante,  $\alpha$  ist der Pfadverlustexponent (auch umgebungsabhängig). Gebräuchlicher ist jedoch die logarithmische Darstellung [1]:

$$L_{P_R} = L_{P_T} + L_K - 10\alpha \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)$$

Die Messungen der empfangenen Feldstärke sind auf physischer Schicht immer gegeben und daher nutzbar zur Lokalisierung. Daher eignet sich diese Messgröße prinzipiell für den Einsatz fliegender Plattformen in unbekanntem Gebiet. Es muss jedoch ein Ausbreitungsmodell wie das oben gezeigte mit bekannten Parametern gegeben sein, um auf die Distanz zwischen Sender und Empfänger schließen zu können. Je nach Umgebung können hier vorher empirisch ermittelte Werte für ländliche, bebaute, stark bebaute usw. Gebiete eingesetzt werden. Zusätzlich sollte man die Sendeleistung im Vergleich zum Referenzabstand  $d_0$  kennen.

Neben der empfangenen Feldstärke wurde auch die Zeitmessung genannt. Hier sind verschiedene Arten zu unterscheiden: Die tatsächliche Zeit, die ein Signal vom Sender zum Empfänger benötigt, wird als *Time of Arrival* (ToA) oder *Time of Flight* (ToF) bezeichnet. Diese ist im Allgemeinen nicht ohne Weiteres zu ermitteln, da hierfür Sender und Empfänger synchronisiert sein müssen. Besonders im betrachteten Szenario ist zu erwarten, dass über die Umgebung nicht viel bekannt ist und daher schon gar keine Form der Synchronisation zwischen Endgeräten und fliegenden Plattformen gegeben ist. Nimmt man an, dass die Verarbeitungszeit eines Signals konstant und bekannt oder zumindest vernachlässigbar ist, kann auch die *Round Trip Time* (RTT) gemessen werden. Jedoch ist dies aus Sicht des zu lokalisierenden Objekts ein aktives Verfahren, da es ein empfangenes Signal wieder aussenden muss. Eine derartige Kooperation ist nicht immer möglich und scheint daher für Katastrophenszenarien auch keine Allgemeinlösung zu sein. Nimmt man etwas mehr hardwaretechnischen Aufwand in Kauf, kann man Zeitdifferenzen zwischen mindestens zwei verschiedenen Plattformen messen. Dies erfordert, neben dem Einsatz von mindestens einer weiteren Plattform, eine Synchronisation zwischen den Plattformen. Die so gemessene *Time Difference of Arrival* (TDoA) kann dann ebenso gut zur Lokalisierung genutzt werden.

Im Vergleich zur Lokalisierung mittels empfangener Leistung, zeigen sich ToA-ähnliche Verfahren deutlich genauer. Denn bei diesen lässt sich mittels  $d = t c$  auf den gesuchten Abstand schließen, wobei  $t$  die Flugzeit ist und  $c$  die Lichtgeschwindigkeit in Luft. Ein Fehler in der gemessenen Zeit  $\Delta t$  wirkt sich damit nur mit  $d = (d + \Delta t)c = d' + \Delta d$  als additiver Term aus. Ein Fehler bei der Messung der Empfangseistung  $\Delta L_{P_R}$  wirkt sich durch den Zusammenhang  $d = d_0 10^{(L_{P_R} + \Delta L_{P_R} - L_{P_T} - L_K)/(10\alpha)} = d' 10^{\Delta L_{P_R}/(10\alpha)}$  jedoch deutlich stärker aus. Die Spezifikation von Standards wie „IEEE 802.11“ sehen nur einen von der Empfangseistung abhängigen Wert namens Received Signal Strength Indicator (RSSI) vor. Auf Anwendungsschicht steht daher nur eine herstellerabhängige normierte und quantisierte Version von  $L_{P_R}$  zur Verfügung. ToA-ähnliche und empfangsfeldstärkenbasierte Verfahren zeigen unterschiedliche Genauigkeiten. Beide werden in der klassischen Ortung eingesetzt und eignen sich für fliegende Plattformen. Vor allem im Bereich handelsüblicher Technik (z.B. IEEE 802.11) sind RSSI-basierte Verfahren weit verbreitet (siehe z.B. [5]).

### *Physikalische Größen*

Wie im obigen Abschnitt beschrieben, ist man bei der Lokalisierung in der Regel nicht an den gemessenen Größen selbst interessiert, sondern an von ihnen abhängigen physikalischen Größen. Zum einen können hier die schon genannten geometrischen Größen Emitter-Empfänger-Abstand oder Einfallrichtung (in Winkeln) gefragt sein. Es ist jedoch auch möglich z.B. Geschwindigkeiten zu bestimmen (z.B. durch Messung der Dopplerfrequenz).

Neben dieser Einteilung kann man auch den Fokus auf die genutzten technischen Prinzipien legen. Hier wären z.B. die Auswertung von RSSI-Werten, die Ausnutzung der Antennencharakteristiken (z.B. Nullschwenkung), der Einsatz breitbandiger Empfänger (z.B. zur Mehrwegeauflösung) und die Einbeziehung von Randidformationen (z.B. 3D-Modelle der Umgebung) oder das Sendesignal (z.B. Art der Modulation) zu nennen. Eine Sonderform stellen sogenannte Antennen-Arrays dar, die Richtungsinformationen auf dem zeitlichen Versatz mehrerer Elemente extra

## *Mathematische Verfahren*

Als weiteres mögliches Unterscheidungsmerkmal kann man die genutzten mathematischen Verfahren heranziehen. Hier wären zum einen die geometrischen Verfahren zu nennen, bei denen Geraden, Kugeln, Ellipsoide oder Hyperbeln zu einem Schnitt gebracht werden sollen. Im Falle von Geraden sind nur Einfallrichtungen bekannt (*Triangulation*). In den restlichen Fälle beruhen auf der Schätzung der Distanz zwischen Sender und Empfänger (*Ranging, Lateralation*). Zum anderen wird vor allem im Bereich der Antennen-Arrays die räumliche Abtastung einer Welle ausgenutzt. Dabei finden sehr spezialisierte Verfahren zur hochauflösenden Richtungsschätzung im Bereich der linearen Algebra Anwendung (vgl. [6]).

## *Hintergrundwissen*

Im Allgemeinen sind Messgrößen allein nicht ausreichend, um die Position eines Objektes zu bestimmen. So müssen, wie im Abschnitt über die Messgrößen beschrieben, oft auch Daten über die Umgebung vorliegen. Im einfachsten Falle sind das die Ausbreitungskonstanten, die sich aus dem Ausbreitungsmodell ergeben und für ein bestimmtes Gebiet vorher bestimmt und gemittelt wurden.

Neben diesem physikalisch nötigen Hintergrundwissen, gibt es auch Verfahren zur Lokalisierung, die von zusätzlichen Seiteninformationen Gebrauch machen. Diese Informationen können wiederum nach verschiedenen Kriterien unterschieden werden. So ist es möglich, statistische Informationen über das zu lokalisierende Objekt (z.B. über dessen Bewegungsverhalten) oder über die Umgebung zu haben (z.B. zur Verbesserung des Wellenausbreitungsmodells). Dagegen steht definitives Wissen über Straßenverläufe, Gebäude o.ä.

Eine bekannte Variante der Nutzung von Hintergrundwissen ist das *Fingerprinting*, welches eine Art Funk-Landkarte der Umgebung erstellt, in welcher lokalisiert werden soll. Dazu wird das Gebiet gerastert. An jedem Gitterpunkt werden Empfangsfeldstärken oder RSSI-Werte (je nach betrachteter ISO/OSI-Schicht) möglichst mehrerer Sender aufgezeichnet, zeitlich und räumlich gemittelt und in einer Datenbank hinterlegt. Diese Datenbank kann nun von einem Empfänger zur Selbstortung genutzt werden, indem dieser seinerseits die Umgebung nach möglichen Aussendungen absucht und dabei

die empfangenen Daten (Funkzellen-ID, RSSI-Werte etc.) speichert und mit der Datenbank vergleicht. Der dazu ähnlichste Messpunkt in der Datenbank wird als wahrscheinlicher Aufenthaltsort betrachtet. In [2] wurde gezeigt, dass sich dieses Verfahren im Vergleich zur Variabilität von Feldstärkemessungen deutlich robuster zeigt. Fingerprints werden meist zur Bestimmung des eigenen Aufenthaltsortes eingesetzt. Dazu muss eine Funkkarte des interessierenden Gebietes vorhanden sein. Aus diesem Grunde lässt sich dieses Verfahren nur in Ausnahmefällen für fliegende Plattformen in von Katastrophen erschütterten Arealen einsetzen. Fraglich bleibt auch, ob am Boden gemessene Fingerprints fliegenden Plattformen aufgrund der veränderten Wellenausbreitungsbedingungen in Flughöhe hilfreich sein können.

Fingerprinting nutzt Informationen über die Mannigfaltigkeit der empfangbaren Signale an bestimmten Orten. Geht man einen Schritt zurück, kann man sich fragen, wie es zu genau dieser Art der Wellenausbreitung gekommen ist. Im städtischen Gebiet sind hier Gebäude als Haupteinflussfaktoren zu nennen. Elektromagnetische Wellen können an Gebäuden reflektiert, abgeschattet oder an Kanten gebrochen werden. Hat man ein Modell der Umgebung, kann versucht werden mittels Ray-Tracing-Software die Ausbreitung von Wellen zu simulieren (Abbildung 3). Auf diese Weise kann Ray Tracing genutzt werden, um offline eine Fingerprinting-Datenbank zu erzeugen oder verschiedene Emitterpositionen zu testen und somit eine Fremdklassifizierung durchzuführen [3]. Bei letzterem ist es sogar möglich, Sender zu lokalisieren, zu denen keine Sichtverbindung besteht.

Hat man die Möglichkeit Antennen-Arrays zu benutzen, kann man als Hintergrundwissen den Abstand und damit die Phasenbeziehung zwischen den Antennen-Elementen betrachten. Für spezielle Geometrien (z.B. linear angeordnete Antennenelemente) existieren Algorithmen, welche diese Anordnung formeltechnisch modellieren und daher ausnutzen können (vgl. [6]).

Die Ausnutzung von Seiteninformationen kann das Ergebnis einer Positionsschätzung deutlich verbessern und teilweise auch Rechenaufwand verringern (siehe [6]). Eine allgemeine Aussage über eine Anwendbarkeit im Bereich fliegender Plattformen ist daher kaum möglich.

## **Zusammenfassung**

Es gibt eine Reihe von Methoden zur Lokalisierung von Emittlern in drahtlosen Netzen. Die verbreitetsten sind wohl ToA-basierte und RSSI-basierte Verfahren. Diese eignen sich, je nach Ausstattung, auch zum Einsatz auf fliegenden Plattformen. Als vorteilhaft erweist sich, dass diese Verfahren mit einfach zu beschaffenden Komponenten realisierbar sind. Nachteilig ist, dass ein Ausbreitungsmodell zugrunde gelegt werden muss, dessen Parameter a priori bekannt sein oder zur Laufzeit bestimmt werden müssen. Die Nutzung spezialisierter Algorithmen, welche mitunter Hintergrundwissen nutzbar machen, kann zu vermindertem Rechenaufwand führen. Antennen-Arrays stellen höhere Anforderungen an Tragfähigkeit und Rechenleistung der fliegenden Plattform. Ist beides ausreichend gegeben, können hochauflösende Richtungsschätzverfahren angewandt werden, die sehr genaue Ortsinformationen von Sendern liefern können.

## Literatur

- [1] F. Zorzi, A. Bardella, G. Kang, F. Sotille, A. Zanella: *Exploiting Opportunistic Interactions for Localization in Heterogeneous Wireless Systems*. In proc.: Joint Workshop on Wireless Communication (JNCW), Paris, 2011.
- [2] M. Bshara, U. Orguner, F. Gustafsson, L. v. Biesen: *Fingerprinting Localization in Wireless Networks Based on Received-Signal-Strength Measurements: A Case Study on WiMAX Networks*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 59, no. 1, January, 2010.
- [3] T. Huynh, C. Brennan: *UWB Indoor Localization Using a Ray-Tracing Propagation Tool*. In proc.: Ninth IT & T Conference, Dublin, 2009.
- [4] O. Artemenko, D. Schulz, M. Tarasov, D. Schorch: *A Groupwise Universal Improvement Scheme for Location Estimation in Wireless Networks*. In proc.: International Conference on Computer Communication Networks (ICCN), Maui, 2011.
- [5] O. Artemenko, T. Simon, Mitschele-Thiel, D. Schulz. R. S. Ta: *Improvement of Position Estimation During the WiFi Localization Process in Disaster Scenarios*. In proc.: IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), Clearwater, Florida, 2012.
- [6] A.B. Gershman, M. Rübsamen, M. Pesavento: *One- and two-dimensional direction-of-arrival estimation: An overview of search-free techniques*. Signal Processing, ELSEVIER, vol. 90, no. 5, pages 1338 – 1349, May 2010.





# Erkennung und Behebung von Netzpartitionierungen

---

*von Mikhail Tarasov*

*Mikhail Tarasov machte seinen Bachelorabschluss am Moskauer Energetischen Institut und erlangte den akademischen Grad „Master of Science“ an der TU Ilmenau im Studiengang Ingenieurinformatik mit dem Schwerpunkt „Multimediale Informations- und Kommunikationssysteme“. Seit dem Jahr 2009 ist er Promotionsstudent im Graduiertenkolleg „GS Mobicom“ der TU Ilmenau. Er hat sich auf mobile Ad-hoc-Netzen (MANETs) spezialisiert. Seine fachlichen Interessen liegen in den Bereichen Erkennung, Lokalisierung und Behebung von Netzwerkpartitionierungen mittels Platzierung zusätzlicher mobiler Knoten.*

## Motivation

Heutzutage finden drahtlose mobile Netze und Sensornetze breite Anwendung in verschiedensten Bereichen des Lebens. Mobile Netze können dabei mit und ohne terrestrische Infrastruktur aufgebaut werden. Im zweiten Fall werden diese mobile Ad-hoc-Netze oder MANETs genannt.

Ein wesentliches Anwendungsgebiet für MANETs ist die Notfallkommunikation zwischen Mitgliedern eines Einsatzteams in einem Katastrophenszenario. In solchen Situationen können viele Menschenleben vom richtigen Funktionieren des Netzes abhängen. Dadurch, dass die meisten modernen mobilen Endgeräte oft mit einem GPS-Empfänger ausgestattet sind, können MANETs auch für die Lokalisierung der Verletzten mitverwendet werden.

Ein typisches Problem eines MANETs ist die Partitionierung infolge der Knotenbewegungen oder -ausfälle, bei welcher die verschiedenen Teile eines Netzes voneinander getrennt werden können. Um die Verbindung zwischen Netzwerkfragmenten wiederherzustellen, können zusätzliche mobile Knoten, wie Quadroptopter oder Bodenroboter, hilfreich sein.

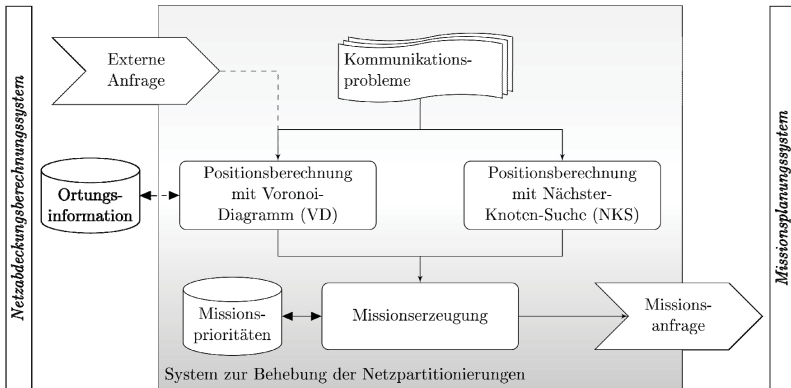
Die Ressourcen solcher mobiler, selbstbeweglicher Knoten sind stark begrenzt, besonderes wegen der Batteriekapazität, und als Folge ist, zum Beispiel, die Flugzeit eines Quadropters relativ kurz und beträgt aktuell nur 15 bis 30 Minuten. Auf Grund dieser Beschränkung sollte das Verhalten des Systems reaktiv sein. Das bedeutet, dass das System nur dann reagiert, wenn eine Partitionierung bereits gebildet wurde.

In der Literatur sind die Systeme beider Verhaltenstypen, sowohl reaktiver als auch proaktiver, vertreten. Zum Beispiel wird im Paper „A Partition Detection System for Mobile Ad-Hoc Networks“ [1] ein Partitionierungsdetektionssystem dargestellt, welches in zentralisierter und verteilter Form agieren kann. Die Autoren definieren zwei spezielle Knotentypen: Knoten des Partitionierungsdetektionssystems und entsprechende Hilfsknoten. In der verteilten Variante des Systems sind die Knoten beider Typen über das Netzwerk verteilt und haben zusätzliche Aufgaben. Damit das System funktionsfähig ist, muss ein effizienter Routing-Mechanismus mit Unicast- und Multicast-Unterstützung im System verfügbar sein.

In einer anderen Arbeit [2] ist ein komplexes System zur Detektion von Partitionierungen dargestellt. Das System besteht aus drei systemweiten Prozessen, welche aber viel Overhead während der Interaktion mit allen anderen Prozessen im Netz produzieren. Das System scheint insgesamt sehr komplex und ressourcenfressend zu sein.

Außerdem gibt es mehrere Untersuchungen in Richtung der Partitionierungsprädiktion. Diese basieren meist auf der Analyse des Netzwerktopologiegraphs und der Erkennung der kritischen Knoten [3, 4], deren Ausfall oder starke Bewegung zur Netzwerkfragmentierung führen könnte.

Alle dargestellten Systeme produzieren einen erhöhten Overhead dadurch, dass das gesamte Netzwerk ständig überwacht werden soll. Im Gegensatz dazu ist das Ziel des neuentwickelten Systems, zusätzlichen Verkehr nur dann zu erzeugen, wenn die Notwendigkeit hierfür festgestellt wurde. Dabei soll das neue System möglichst unabhängig vom Routingmechanismus des Netzes sein.



**Abbildung 1: Architektur des Systems zur Behebung der Netzpartitionen**

## Systemarchitektur

Aus dem Ziel den Kommunikationsoverhead möglichst gering zu halten, folgt das reaktive Verhalten des Systems. Das bedeutet, dass das System nur dann aktiv wird, wenn die Partitionierung bereits erkannt wurde. Die anforderungsgerechte Systemarchitektur ist in Abbildung dargestellt.

Im ersten Schritt detektiert das System ein Kommunikationsproblem, welches durch mehrere Ursachen entstanden sein kann. Durch den Ausfall des Zielknotens bricht die Kommunikation mit dem Knoten ab, ohne Möglichkeit diese wiederherzustellen. Ein anderer Grund eines Kommunikationsabbruchs kann der Routenunterbrechung wegen Ausfall eines Zwischenknoten oder wegen sich durch Bewegung geänderte Netztopologie sein, wobei die Suche nach einer neuen Route das Problem beheben kann. Die letzte Möglichkeit ist der Kommunikationsabbruch wegen Netzwerkpartitionierung, und dies ist genau der Anwendungsfall für das neuentwickelte System.

Die Problemerkennung im System basiert auf zwei Aspekten. Der erste Aspekt ist die Fehlermeldung des Routing-Systems an die oberen Schichten mittels einer ICMP-Nachricht. Diese wird dann generiert, wenn der Routing-Mechanismus keine Route zum gegebenen Ziel finden kann. Die Betrachtung der ICMP-Fehlermeldung alleine ermöglicht es nicht, den Ausfall des Zielkno-

tens von der Netzpartitionierung zu unterscheiden und dafür wird, als zweiter Aspekt, der Trackingmechanismus für die Kommunikationspartner des Knotens mitverwendet. Dieser Mechanismus registriert die bereits existierenden Verbindungen des Knotens in einer Tabelle, und wenn für einen Tabelleneintrag eine ICMP-Fehlermeldung erhalten wird, detektiert das System eine höchstwahrscheinliche Partitionierung und der Problemdetektionsmechanismus löst ein Systemereignis aus, welches den gesamten Netzwiederherstellungsprozess initiiert.

Der nächste Schritt ist die Positionsbestimmung, wo die zusätzlichen Knoten platziert werden müssen. Das basiert auf folgender Idee: das System sucht nach einer bestimmte Anzahl der Netzknoten, welche möglichst nah zur letzten bekannten Position eines Kommunikationspartners liegen. Diese Position wird aus der Tabelle des Kommunikations-Partnertrackingmechanismus genommen. Nachdem die nächsten Knoten gefunden wurden, berechnet das System die Zielposition für einen zusätzlichen Knoten als Mittelpunkt zwischen der letzten bekannten Position des Zielknotens und einem der gefundenen unter Berücksichtigung der Reichweite so, dass die Kommunikation mit dem zusätzlichen Knoten nicht verloren werden kann.

Im Fall der Netzpartitionierung es ist offensichtlich, dass sich die gesuchten Knoten am Rand der aktuellen Partition befinden. Um die Knoten am Rand gezielt zu durchsuchen, wird ein spezieller Algorithmus verwendet. Dieser Algorithmus basiert auf dem *Greedy Perimeter Stateless Routing* (GPSR) [5] Verfahren. Die Begründung für die Auswahl von GPSR als Basisalgorithmus für die Nächster-Knoten-Suche Prozedur wurde im Paper [6] anhand Simulationen gegeben.

GPSR verwendet zwei Grundmethoden, um einen Knoten mit einer gegebenen Position zu finden: *Greedy*- und Perimeter-Routing. Falls der Knoten Nachbarn hat, die sich näher zum Ziel als er selbst befinden, wird das *Greedy*-Routing verwendet. In diesem Fall wird die Suchanfrage einfach an den Knoten, der näher zum Ziel ist, weitergeleitet. Ansonsten wird das Perimeter-Routing aktiviert, bei welchem solange die Suche entlang eines Perimeters um die Kommunikationslücke durchgeführt wird, bis das *Greedy*-Routing wieder möglich ist. Das Stoppkriterium für den GPSR Algorithmus ist der Zustand, wenn entweder die gegebene Anzahl der am nächsten zum Zielpunkt liegen-

den Knoten gefunden wurde, oder alle Perimeter-Knoten durchgesucht wurden.

Falls die Knoten innerhalb eines Umkreises von  $(R_{ref} - \Delta d)$  von der letzten bekannten Position des Zielknotens gefunden wurde, wird der Ausfall des Zielknotens festgestellt. Dabei ist  $R_{ref}$  Referenzkommunikationsradius – der Abstand, in welchem eine bidirektionale Kommunikation zwischen Knoten möglich ist, und  $\Delta d$  legt ein Sicherheitsintervall, welches proportional zur maximalen Knotengeschwindigkeit ist, fest. Wenn die Knoten innerhalb des Umkreises nicht gefunden wurden, stellt das System eine Partitionierung fest und kann die Zielposition für den zusätzlichen Knoten ermitteln. Die Zielposition liegt in der Mitte zwischen einem der gefundenen Grenzknoten und der letzten bekannten Position des Zielknotens, aber nicht weiter als auf  $(R_{ref} - \Delta d)$  von dem Grenzknoten entfernt. Damit kann garantiert werden, dass der zusätzliche Knoten die Verbindung mit der Partition nicht verliert.

Anhand der ermittelten Position erzeugt das System eine Missionsanfrage an das Missionsplanungssystem. Die Missionsanfrage wird mit einer Priorität, welche der Notwendigkeit für die Reparatur entspricht, versehen. Den anderen Aufgaben, wie z.B. die Verbesserung der Kommunikationsdienstgüte oder die Erweiterung der Netzabdeckung, können andere Prioritäten zugewiesen werden. Die Prioritäten werden dabei lediglich beim Missionsplanungssystem berücksichtigt.

In einem Katastrophenszenario ist es auch möglich, dass die komplette Information über die Netzwerktopologie durch eine vorläufige Aufklärung des Katastrophengebiets verfügbar ist. In diesem Fall kann diese Information mitberücksichtigt werden, um eine genauere Positionsrechnung zu ermöglichen, und dabei ist auch ein zentralisiertes Verfahren möglich. Dieses Verfahren basiert auf der Berechnung von Voronoi-Diagramm. Als erster Schritt werden die Verbundkomponenten des Netzwerkgraphs ermittelt. Danach wird anhand der Voronoi-Diagramm-Berechnung die Mittellinie zwischen den jeweiligen Partitionen gefunden, dann liegen die gesuchten suboptimalen Positionen auf dieser Mittellinie. Von diesen Positionen wird eine als Zielposition mit Berücksichtigung der aktuellen Position des zusätzlichen Knotens und der vorhandenen Hindernisse ausgewählt.

Zusätzlich kann das dargestellte System mit gleicher Struktur für die Verbesserung der Netzwerkabdeckung verwendet werden. Dafür bietet das System eine Schnittstelle für externe Anfragen vom Netzabdeckungsberechnungssystem. Dies ist aber nur dann möglich, wenn die globale Information über die Netzwerktopologie vorher erfasst wurde. In diesem Fall wird die Zielposition anhand des Voronoi-Diagramm-basierten Algorithmus ermittelt, und eine andere Priorität wird der Missionsanfrage zugewiesen.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Das vorgestellte System bietet eine flexible Lösung für die Behebung der Netzwerkpartitionierungen für verschiedene, einschließlich heterogene, mobile Netzwerke. Das System kann an die konkrete Anwendungssituation durch die Verwendung von sowohl zentralisierten als auch verteilten Algorithmen angepasst werden und zusätzlich verfügbare Informationen in Anspruch nehmen, um eine höhere Genauigkeit der Positionierung zu erreichen.

Das System wurde auch anhand von Simulationen und Emulationen validiert. Für die Simulation des Nächster-Knoten-Suche Prozesses und der Zielpositionsberechnung wurde der Netzwerksimulator OMNeT++ verwendet. Durch die Emulation wurde der gesamte Ablauf des Netzwerkswiederherstellungsprozesses, von der Problemerkennung bis zu der wiederhergestellten Kommunikation nach der Platzierung eines zusätzlichen Knotens, nachgebildet. Für die Emulation wurde ein Netz von virtuellen Maschinen mit einer Steuerungs- und Überwachungsbenutzeroberfläche aufgebaut.

Die Tests haben gezeigt, dass die Zeit zwischen dem Verbindungsabbruch und der Verbindungswiederherstellung im Wesentlichen von folgenden zwei Parameter abhängt: das Zeitintervall, welches der Routing-Mechanismus braucht, um festzustellen, dass keine neue Route gefunden werden kann, und die Entfernung des zu platzierenden Knotens von der Zielposition oder ggf. die maximale Geschwindigkeit dieses Knotens. Wenn das erste Zeitintervall lediglich durch den Routing-Mechanismus bestimmt ist und kaum beeinflusst werden kann, dann kann das zweite Intervall unter Umständen verkürzt werden. Die Zeitverkürzung ist vor allem hier dadurch möglich, dass die Zielposition typischerweise aus mehreren Punkten ausgewählt werden kann. Wird der

Punkt, welcher näher zur aktuellen Position des zusätzlichen Knoten liegt, ausgewählt, wird das zweite Zeitintervall kürzer.

Als nächster Schritt ist geplant, das System mit realer Hardware zu testen. Dabei es ist möglich, die gesamte bereits implementierte Systemstruktur mit geringen Änderungen auf der Konfigurationsebene wiederzuverwenden.

## Literatur

- [1] H. Ritter, R. Winter, J. Schiller: A partition detection system for mobile ad-hoc networks. Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2004. IEEE SECON 2004. 2004 First Annual IEEE Communications Society Conference, S. 489- 497
- [2] D. Conan, P. Sens, L. Arantes, M. Bouillaguet: Failure, Disconnection and Partition Detection in Mobile Environment. The 2008 7th IEEE International Symposium on Network Computing and Applications (NCA). Washington DC, USA. IEEE Computer Society, 2008, ISBN 978-0-7695-3192-2, S. 119-127
- [3] M. Sheng, J. Li, Y. Shi: Critical Nodes Detection in Mobile Ad Hoc Network. The International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2006, S. 336-340. ISSN 1550-445X
- [4] M. Hauspie, J. Carle, D. Simplot: Partition Detection in Mobile Ad-Hoc Networks Using Multiple Disjoint Paths Set. The 2nd IFIP Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (MEDHOC-NET), 2003, S. 25-27
- [5] B. Karp, H. T. Kung: GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks. The 6th annual international conference on Mobile computing and networking (MobiCom), 2000, New York, NY, USA: ACM, ISBN 1-58113-197-6, S. 243-254
- [6] M. Tarasov, J. Seitz, O. Artemenko: A Network Partitioning Recovery Process in Mobile Ad-Hoc Networks. The 7th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2011, Shanghai, China, ISSN: 2160-4886





# Autorenverzeichnis

---

## Vorträge:

Referent	Seite
Cott, Rüdiger [Dipl.-Math.] <a href="mailto:ruediger.cott@tkm.de">ruediger.cott@tkm.de</a> Telekommunikations-Manager e. V. Helmholtzplatz 2 98693 Ilmenau	21
Domschke, Werner [Dr.-Ing.] <a href="mailto:werner.domschke@smarvis.com">werner.domschke@smarvis.com</a> Geschäftsführer SMARVIS GmbH Sondershäuser Landstraße 27 99974 Mühlhausen	29
Etling-Ernst, Martina [RAin] <a href="mailto:mee@etling-ernst.de">mee@etling-ernst.de</a> Kanzlei Etling-Ernst Rechtsanwälte Geibelstraße 74 40235 Düsseldorf	13
Finke, Thomas [Dipl.-Ing. (FH)] <a href="mailto:finke@hs-heilbronn.de">finke@hs-heilbronn.de</a> Hochschule Heilbronn (HHN) Fachbereich Technik 1 (T1) Elektronik und Informationstechnik Max-Planck-Straße 39 74081 Heilbronn	39
Köthe, Sebastian [Dipl.-Wirtsch.-Ing.] <a href="mailto:sebastian.koethe@thueringer-energienetze.com">sebastian.koethe@thueringer-energienetze.com</a> TEN Thüringer Energienetze GmbH Schwerborner Str. 30 99087 Erfurt	25
Rink, Wolfram [Dr.-Ing.] <a href="mailto:wolfram.rink@deutschebahn.com">wolfram.rink@deutschebahn.com</a> Operativer Chefarchitekt (IT), Architekturteam IT-Betrieb (T.SVP5) DB Systel GmbH Schlachthofstrasse 80 99085 Erfurt	7

Referent	Seite
Schmidt, Christoph [Dipl.-Phys.] <a href="mailto:Christoph.Schmidt@controlware.de">Christoph.Schmidt@controlware.de</a> Controlware GmbH Waldstraße 92 63128 Dietzenbach	11
Seitz, Jochen [Prof. Dr. rer. nat.] <a href="mailto:Jochen.Seitz@tu-ilmenau.de">Jochen.Seitz@tu-ilmenau.de</a> TU Ilmenau FG Kommunikationsnetze Helmholtzplatz 2 98693 Ilmenau	43
Tosse, Ralf [Prof. Dr.-Ing.] <a href="mailto:tosse@fh-nordhausen.de">tosse@fh-nordhausen.de</a> FH Nordhausen Fachbereich Technische Informatik Weinberghof 4 99734 Nordhausen	31
Trefflich, Benjamin [Dr.-Ing.] <a href="mailto:benjamin.trefflich@audi.de">benjamin.trefflich@audi.de</a> Teamleiter Entwicklung Audi connect AUDI AG I/EE-54 85045 Ingolstadt	17
Wenzel, Marco [Dipl.-Ing.] <a href="mailto:marco.wenzel@iis.fraunhofer.de">marco.wenzel@iis.fraunhofer.de</a> Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS Abteilung Kommunikationsnetze Nordostpark 93 90411 Nürnberg	33
Wieske, Lothar [] <a href="mailto:Lothar.Wieske@deutschebahn.com">Lothar.Wieske@deutschebahn.com</a> DB Systel GmbH Kleyerstraße 27 60326 Frankfurt am Main	9

## Forschungspapers

Referent	Seite
Aymen Dawood Al Ani [M.Sc.] <a href="mailto:aymen-dawood.al-ani@tu-ilmenau.de">aymen-dawood.al-ani@tu-ilmenau.de</a>	45
Begerow, Peggy [Dipl.-Inf. (FH)] <a href="mailto:peggy.begerow@tu-ilmenau.de">peggy.begerow@tu-ilmenau.de</a>	55
Debes, Maik [Dr.-Ing.] <a href="mailto:Maik.debes@tu-ilmenau.de">Maik.debes@tu-ilmenau.de</a>	63
Hager, Markus [M.Sc.] <a href="mailto:markus.hager@tu-ilmenau.de">markus.hager@tu-ilmenau.de</a>	71
Hasan, Mais [Dipl.-Ing.] <a href="mailto:mais.hasan@tu-ilmenau.de">mais.hasan@tu-ilmenau.de</a>	79
Renhak, Karsten [Dipl.-Ing.] <a href="mailto:karsten.renhak@tu-ilmenau.de">karsten.renhak@tu-ilmenau.de</a>	87
Schellenberg, Sebastian [M.Sc.] <a href="mailto:sebastian.schellenberg@tu-ilmenau.de">sebastian.schellenberg@tu-ilmenau.de</a>	99
Schulz, Dominik [Dipl.-Ing.] <a href="mailto:dominik.schulz@tu-ilmenau.de">dominik.schulz@tu-ilmenau.de</a>	109
Tarasov, Mikhail [M.Sc.] <a href="mailto:mikhail.tarasov@tu-ilmenau.de">mikhail.tarasov@tu-ilmenau.de</a>	121





## Notizen

---